

**VŠB – Technická univerzita Ostrava**  
**Fakulta elektrotechniky a informatiky**  
**Katedra kybernetiky a biomedicínského inženýrství**

**Regulátor líhně**  
Hatchery Regulation

**2017**

**Jiří Bacík**

# Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Jiří Bacík**

Studijní program: N2649 Elektrotechnika

Studijní obor: 2612T041 Řídicí a informační systémy

Téma: **Regulátor líhně  
Hatchery Regulation**

Jazyk vypracování: čeština

## Zásady pro vypracování:

Diplomová práce se zabývá návrhem, konstrukcí a realizací elektronicky řízené líhně. Cílem práce je vyvinout systém, který umožňuje automaticky regulovat teplotu na požadovanou hodnotu, automatické překlápění vajíček, doplňování vody pro udržení požadované vlhkosti, zálohovatelný zdroj elektrické energie a GSM bránu pro systém alarmů.

V souhrnu je práce charakterizována následujícími body:

1. Analýza současného stavu řešení umělých líhní.
2. Návrh a rekonstrukce líhně pro realizaci řešení s hodinami reálného času.
3. Návrh a implementace regulace výše zmíněných parametrů líhně.
4. Návrh a implementace vizualizačního a parametrizačního rozhraní.
5. Návrh a implementace systému alarmů přes GSM bránu.
6. Test a zhodnocení dosažených výsledků.

## Seznam doporučené odborné literatury:

- [1] GRACE, Thomas. *Programming and interfacing Atmel AVR microcontrollers*. Boston, MA: Cengage Learning PTR, 2016. ISBN 1305509994.
- [2] KNAPP, Eric D. *Industrial network security: securing critical infrastructure networks for smart grid, scada, and other industrial control systems*. 2nd edition. Waltham, MA: Elsevier, 2014. ISBN 978-0124201149.
- [3] LIHNE.CZ. Obecně o líhnutí a typech líhní. *Lihne.cz* [online]. 20.9.2011 [cit. 18.10.2013]. Dostupné z: <http://www.lihne.cz/cs/39-clanky.html/clanek>.
- [4] KREIDL, Marcel. *Měření teploty: senzory a měřicí obvody*. 1. vyd. Praha: BEN - technická literatura, 2005. Senzory neelektrických veličin. ISBN 80-7300-145-4.
- [5] VODA, Zbyšek. *Průvodce světem Arduina*. Vydání první. Bučovice: Martin Stříž, 2015. ISBN 978-80-87106-90-7.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Zdeněk Slanina, Ph.D.**

Datum zadání: 01.09.2016

Datum odevzdání: 28.04.2017



---

doc. Ing. Jiří Koziorek, Ph.D.  
*vedoucí katedry*



---

prof. RNDr. Václav Snášel, CSc.  
*děkan fakulty*

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě 28. dubna 2017

A handwritten signature in blue ink, consisting of the letters 'L' and 'q' joined together.

.....  
Bc. Jiří Bacík

## **Poděkování**

Tímto bych chtěl srdečně poděkovat svému vedoucímu diplomové práce Ing. Zdeňkovi Slaninovi, Ph.D., za jeho vynaložené úsilí při tvorbě této práce. Dále bych chtěl poděkovat panu Miroslavovi Kovaříkovi, za poskytování technických údajů z oblasti umělé inkubace.

## **Abstrakt**

Tato diplomová práce se zabývá problematikou umělých líhní. Součástí této práce je detailní popis stolní líhně. V této části je popsán princip funkce, způsob regulace teploty a vlhkosti a celého ovládání. Další část se zabývá návrhem inovovaného řešení řízení, ovládání a monitoringu. Závěrem této práce je shrnutí dosažených výsledků.

## **Klíčová slova**

Líheň, Vejce, Regulace, Teplota, Vlhkost, RTC, UART, GSM, SD karta, LCD, Mikrokontrolér, Schéma, Obrazovka, Motor

## **Abstract**

This diploma thesis deals with the hatchery. Part of this work is a detailed description of the table hatchery. This section describes the principle function of temperature control and humidity control of the entire operation. Another part deals with the design of an innovative control solutions, control and monitoring. This work is a summary of the results achieved.

## **Key Words**

Hatchery, Regulation, Temperature, Humidity, RTC, UART, SD Card, LCD, Microcontroller, Diagram, Screen, Motor

# Obsah

Seznam použitých zkratk a symbolů .....	2
Seznam ilustrací .....	4
Seznam tabulek.....	6
Úvod.....	7
1 Analýza současného stavu řešení umělých líhní .....	9
1.1 Inkubace a líhnutí .....	9
1.1.1 Volba vajec.....	9
1.1.2 Proces inkubace.....	11
1.1.3 Kontroly během inkubace .....	11
1.2 Základní konstrukční typy líhní .....	13
1.2.1 Líhně bez nuceného oběhu vzduchu .....	14
1.2.2 Líhně s nuceným oběhem vzduchu .....	14
1.2.3 Líhně kontaktní .....	16
1.3 Princip líhní.....	17
1.3.1 Regulace teploty .....	17
1.3.2 Regulace vlhkosti .....	17
1.3.3 Polohování vajec .....	18
2 Popis stávajícího stavu líhně .....	19
2.1 Jednotlivé části líhně .....	19
2.2 Regulace teploty .....	22
2.3 Regulace vlhkosti .....	22
2.4 Polohování vajec .....	22
3 Návrh rekonstrukce .....	24
3.1 Senzor teploty a vlhkosti .....	24
3.1.1 Oblast použití .....	25
3.1.2 Výhody .....	25
3.1.3 Parametry senzorů .....	25
3.1.4 Popis komunikace .....	26
3.1.5 Kontrolní součet .....	27
3.1.6 Výpočet teploty a vlhkosti.....	27
3.2 HMI .....	27
3.3 SD karta.....	28
3.4 GSM brána .....	30
3.5 RTC .....	31
3.5.1 Popis funkce .....	32
3.5.2 Adresní prostor RTC .....	32
3.5.3 Čas a datum .....	33
3.6 Snímání polohy vajíček.....	33
3.7 Snímání hladiny.....	34
3.8 Topení .....	34
3.9 Čerpadlo vody .....	35

3.10	Servopohon překlápění vajíček .....	35
3.11	Mikrokontrolér .....	36
3.11.1	Základní parametry mikrokontroléru .....	36
4	Realizace.....	37
4.1	Návrh schématu zapojení .....	37
4.1.1	Napájení čerpadla .....	37
4.1.2	Napájení řídicí elektroniky .....	38
4.1.3	Řízení výkonu topení .....	38
4.1.4	Réleový výstup .....	39
4.1.5	Měření teploty a vlhkosti.....	40
4.1.6	Snímání hladiny.....	40
4.1.7	Snímání polohy .....	40
4.1.8	Signalizace .....	41
4.1.9	GSM modul .....	41
4.1.10	RTC modul.....	42
4.1.11	Modul SD karty .....	42
4.1.12	LCD .....	43
4.1.13	Mikrokontrolér .....	43
4.2	Návrh DPS .....	44
4.2.1	Výkonová část.....	44
4.2.2	Řídicí část.....	44
4.3	Osazení desek.....	45
4.4	Sestavený regulátor .....	48
4.5	Podpůrná konstrukce .....	48
4.6	Návrh vizualizačního SW.....	50
4.6.1	Hlavní obrazovka .....	51
4.6.2	Menu .....	54
4.7	Popis funkce líhně .....	57
4.8	Záložní zdroj .....	58
5	Zhodnocení výsledků.....	59
	<b>Seznam použité literatury .....</b>	<b>61</b>
	<b>Přílohy .....</b>	<b>63</b>



## Seznam použitých zkratek a symbolů

A – Ampér – Jednotka elektrického proudu  
ADC – Analog Digital Converter – Analogově digitální převodník  
AM – Ante Meridiem - Dopoledne  
AVR – Označení mikrokontrolérů  
B – Byte  
BCD – Binary Coded Decimal  
CSV – Comma Separated Values  
CO<sub>2</sub> – Oxid uhličitý  
DPS – Deska Plošných Spojů  
EEPROM – Electrically Erasable Programmable Read Only Memory – Typ paměti  
FAT – File Allocation Table – Tabulka obsahující informace o obsazení disku  
GPRS – General Packet Radio Service – Služba k přenosu dat pomocí GSM  
GSM – Groupe Special Mobile – Globální systém pro mobilní komunikaci  
HMI - Human Machine Interface – Zařízení pro ovládání  
Hz – Hertz – jednotka frekvence  
I<sup>2</sup>C – Inter Integrated Circuit – Sériová sběrnice  
IO – Integrovaný obvod  
JTAG – Join Test Action Group – Rozhraní pro programování  
LCD - Liquid Crystal Display – Displej z tekutých krystalů  
Max - Maximum  
Min – Minimum  
Nm – Newton metr – jednotka momentu síly  
PM – Post Meridiem – Odpoledne  
PWM – Pulse Width Modulation – pulzně šířková modulace  
RH – Relative Humidity [%]  
RTC – Real Time Clock – Hodiny reálného času  
RTP – Resistive Touch Panel – Odporový dotykový panel  
SD – Secure Digital – Paměťová karta  
SMS – Short Mesage Service – Krátká textová zpráva  
SPI – Seriál Peripheral Interface – Sériové periferní rozhraní  
SRAM – Static Random Acces Memory – Typ paměti  
SW – Software  
TQFP – Typ pouzdra IO  
Typ – Typicky  
UART – Universal Asynchronous Receiver and Transmitter – Zařízení pro sériovou komunikaci  
V - Volt – Jednotka elektrického napětí  
VA – Volt Ampér – Jednotka zdánlivého výkonu  
W – Watt – jednotka výkonu  
dB – Decibel  
g – Gram – jednotka váhy  
h – Hexadecimal  
ks - kusy  
m – Metr – jednotka délky

μC - Mikrokontrolér

" – palec – jednotka pro měření délky

Ø - Průměr

°C – Celsiův stupeň – jednotka teploty

% - Procento

## Seznam ilustrací

Obr.1 Rozměry vejce [18] .....	10
Obr.2 Ovoskop .....	12
Obr.3 Vejce prosvětlená ovoskopem při první kontrole [18] .....	12
Obr.4 Vejce prosvětlené ovoskopem při druhé kontrole [18] .....	13
Obr.5 Princip líhně bez nuceného oběhu vzduchu [6] .....	14
Obr.6 Princip líhně s nuceným oběhem vzduchu [6] .....	15
Obr.7 Stolní líheň s nuceným oběhem vzduchu [6] .....	15
Obr.8 Skříňová líheň s nuceným oběhem vzduchu [6] .....	16
Obr.9 Kontaktní líheň [6] .....	16
Obr.10 Externí čerpadlo [6] .....	18
Obr.11 Líheň .....	19
Obr.12 Spodní miska .....	20
Obr.13 Spodní miska s roštem .....	20
Obr.14 Spodní miska s roštem a lísky .....	20
Obr.15 Horní víko .....	21
Obr.16 Topný kabel s ventilátorem .....	21
Obr.17 Regulátor .....	21
Obr.18 Nádrž [18] .....	22
Obr.19 Polohovací páčka [18] .....	23
Obr.20 Blokové schéma .....	24
Obr.21 Senzor teploty a vlhkosti AM2302 .....	25
Obr.22 Rozměry senzoru AM2302 [22] .....	25
Obr.23 Seznam vývodů [22] .....	25
Obr.24 Chyba měření vlhkosti při 25°C [22] .....	26
Obr.25 Chyba měření teploty [22] .....	26
Obr.26 Průběh komunikace [22] .....	27
Obr.27 Displej – zespoda [11] .....	27
Obr.28 Displej – shora [11] .....	27
Obr.29 Vývojový software pro displej Nextion .....	28
Obr.30 Popis pinů SD karet .....	29
Obr.31 Modul SD karty [20] .....	29
Obr.32 Schéma modulu Catalex [20] .....	30
Obr.33 Neoway M590 .....	30
Obr.34 Blokové schéma Neoway M590 .....	31
Obr.35 Modul RTC [12] .....	31
Obr.36 Blokové schéma obvodu DS1307 [23] .....	32
Obr.37 Adresová mapa registrů [23] .....	33
Obr.38 Registry RTC [23] .....	33
Obr.39 Koncový mikrospínač [14] .....	34
Obr.40 Řez spodní miskou .....	34
Obr.41 Topný kabel .....	34

Obr.42 Nádržka na vodu s čerpadlem [17].....	35
Obr.43 Servopohon Belimo LM230A [13] .....	35
Obr.44 ATMEGA128A [15] .....	36
Obr.45 Schéma zapojení zdroje .....	37
Obr.46 Schéma zapojení napájení čerpadla .....	37
Obr.47 Schéma zapojení napájení elektroniky .....	38
Obr.48 Schéma zapojení triakové regulace.....	38
Obr.49 Schéma zapojení réleového výstupu .....	39
Obr.50 Schéma připojení motorů .....	39
Obr.51 Schéma připojení senzoru .....	40
Obr.52 Schéma zapojení snímání hladiny .....	40
Obr.53 Schéma zapojení snímání polohy.....	41
Obr.54 Schéma zapojení signalizace.....	41
Obr.55 Schéma připojení GSM modulu.....	42
Obr.56 Schéma připojení RTC modul.....	42
Obr.57 Schéma připojení modulu SD karty .....	42
Obr.58 Schéma připojení LCD.....	43
Obr.59 Schéma zapojení mikrokontroléru .....	43
Obr.60 DPS výkonové části .....	44
Obr.61 Deska řídicí části .....	45
Obr.62 Osazená výkonová deska – pohled shora.....	46
Obr.63 Osazená výkonová deska – pohled zespoda.....	46
Obr.64 Osazená řídicí deska – pohled shora .....	47
Obr.65 Osazená řídicí deska – pohled zespoda.....	47
Obr.66 Sestavený regulátor .....	48
Obr.67 Propojovací kabel.....	48
Obr.68 Podpůrná konstrukce.....	49
Obr.69 Podpůrná konstrukce se spodní miskou .....	49
Obr.70 Koncové spínače .....	50
Obr.71 Uvítací obrazovka .....	50
Obr.72 Hlavní obrazovka .....	51
Obr.73 Nastavení času.....	52
Obr.74 Klávesnice.....	52
Obr.75 Nastavení data .....	53
Obr.76 Nastavení teploty.....	53
Obr.77 Nastavení intervalu překlápění.....	54
Obr.78 Nabídka menu .....	54
Obr.79 Čerpadlo vody .....	55
Obr.80 Překlápění .....	55
Obr.81 Topení .....	56
Obr.82 GSM modul.....	56
Obr.83 Telefonní číslo.....	57
Obr.84 Alarmy .....	57
Obr.85 Záložní zdroj Eaton 5E 1500i USB [20] .....	58

## Seznam tabulek

Tab.1 Pohlavní zralosti.....	9
Tab.2 Skladování vajec .....	10
Tab.3 Rozměry a váha vejce .....	10
Tab.4 Konečný vývoj procesu inkubace .....	11
Tab.5 Lhůty pro pravidelnou kontrolu .....	11
Tab.6 Požadované vlhkosti .....	22
Tab.7 Seznam vývodů .....	25
Tab.8 Parametry senzoru vlhkosti .....	25
Tab.9 Parametry senzoru teploty.....	26
Tab.10 Parametry obvodu DS1307 .....	32

# Úvod

Tato diplomová práce se zabývá návrhem nového regulátoru pro sériově vyráběnou líheň drůbeže. Cílem je zdokonalit, usnadnit a zautomatizovat celý proces líhnutí.

Pro úspěšné vylíhnutí mládřat potřebujeme udržovat v líhni konstantní teplotu a ideální vlhkost a také musíme vajíčka v určitých intervalech převalovat, tak jako v hnízdě. Rekonstruovaná líheň sice regulátor teploty má, ale pouze s pevně danou teplotou. Toto může být v určitých případech pro chovatele omezující. Co se týče udržování vlhkosti, tak ta je zajištěná odpařování vody nalité na dně líhně. Stav hladiny musí chovatel kontrolovat a dolívat vodu sám. K tomu je potřeba vždy líheň otevřít a přes vložená vejce komplikovaně hladinu zkontrolovat. Pokud by se hladina vody neuhlídala, vejce by se vysušila a znehodnotila. Pro polohování vajec je líheň vybavená ruční páčkou a chovatel musí v pravidelných intervalech vejce překlápět sám. To vnímám jako velice omezující a nekomfortní. Je jasné, že po celou dobu líhnutí nemůže být chovatel v blízkosti líhně, aby celý průběh kontroloval, ale určitě by bylo dobré, kdyby mohl mít možnost se o náhodných situacích včas dozvědět a mohl tak adekvátně zareagovat. Další negativum v této líhni vidím v tom, že když se např. ze čtyřiceti vajec vylíhne pouze třetina, tak můžete jenom polemizovat o tom, co bylo příčinou tak špatného výsledku nebo co se v průběhu líhnutí stalo. Byla v líhni správná teplota? Byla dostatečná vlhkost? Nevyplí proud? Myslím si, že by bylo dobré mít nějaký záznam z celého průběhu líhnutí.

Nový regulátor by měl všechny tyto nedostatky vyřešit. V první řadě by měl umožnit chovateli nastavit si teplotu dle libosti. Co se týče doplňování vody, tak to by mělo fungovat tak, že regulátor si bude hlídat hladinu vody v líhni sám a v případě potřeby si ji dočerpá ze zásobníku. Chovatel tak nebude muset při každé kontrole otevírat líheň, ale postačí se podívat na stav vody v zásobníku a občas vodu do něj dolít. O polohování vajec by se měl umět regulátor také postarat sám, a proto bude potřeba ruční páčku nahradit vhodným pohonem. Samozřejmě, že by měl regulátor mít i informaci o tom, zdali se překlápění podařilo nebo ne. V případě nesprávného průběhu líhnutí bude chovatel o tomto stavu informován pomocí SMS. Tento způsob předání informací jsem zvolil z toho důvodu, že mobilní telefon má dnes už každý a GSM síť již pokrývá téměř celý svět. Co se záznamu průběhu líhnutí týče, ten bude zaznamenávaný na běžně dostupné médium a to na SD kartu. Záznam bude probíhat tak, že se každý den vytvoří nový soubor, jehož názvem bude datum vytvoření. Soubory budou ve formátu CSV. V těchto souborech budou data uložena v řádcích s časovým razítkem. Pro správné časové údaje bude regulátor vybaven hodinami reálného času. Samozřejmostí je, že regulátor bude vybaven přehledným dotykovým displejem, pomocí kterého bude chovatel informován o celém průběhu líhnutí a také bude pomocí něj měnit parametry líhně.

První kapitola nás provede podrobněji celou problematikou umělého líhnutí. Dozvíme se zde jak správně vybrat vhodná vejce k líhnutí a jak je správně skladovat.

První kapitola se zabývá problematikou umělého líhnutí. Je zde popsán princip a podmínky úspěšného líhnutí. Dále je zde popsán princip funkce a konstrukce umělých líhní. Také budeme podrobně seznámeni s procesem inkubace a dozvíme, se jaké kontroly je potřeba provádět a kdy. Další

část této kapitoly nás seznámí s typy sériově vyráběných líhní. Závěr této kapitoly je věnován principům funkce líhní.

Druhá kapitola je věnována popisu konstrukce a principu funkce rekonstruované líhně. Jsou zde uvedeny parametry líhně a také jsou zde podrobně popsány jednotlivé části, ze kterých se líheň skládá. Je zde popsán způsob regulace teploty a vlhkosti. Závěrem je popsán způsob překlápění vajec.

Třetí kapitola se zabývá návrhem nového regulátoru. Na začátku kapitoly jsou stanoveny požadavky na funkce nového regulátoru. Dále pak následuje detailní návrh jednotlivých prvků regulátoru.

Čtvrtá kapitola popisuje samotnou realizaci. První část kapitoly popisuje postupný návrh zapojení regulátoru. Tento návrh je rozdělen do jednotlivých funkčních bloků. Po návrhu zapojení následuje návrh desek plošných spojů. Poté je popsán způsob osazení desek součástkami a nakonec sestavení celého regulátoru. Další část kapitoly se zabývá návrhem vizualizačního a parametrizačního rozhraní a závěr kapitoly je věnován návrhu záložního zdroje.

Pátá kapitola obsahuje zhodnocení dosažených výsledků.

# 1 Analýza současného stavu řešení umělých líhní

Pro chovatele drůbeže je umělá líheň nepostradatelným pomocníkem v množení svého chovu. Na dnešním trhu je široká škála umělých líhní pro drůbež. Liší se svou velikostí, způsobem ohřevu vajec, regulací vlhkosti a polohování vajec. Volby správného typu líhne je však jen polovina úspěchu. Druhá polovina úspěchu spočívá ve správně volbě vajec.

## 1.1 Inkubace a líhnutí

K líhnutí používáme pouze vejce, která splňují předpoklady, že se z nich vylíhnou životaschopná mláďata. Vejce musí pocházet od zdravých nosnic, musí být oplozená, pravidelného tvaru a musí mít standardní velikost, která je stanovena pro jednotlivé druhy a jednotlivá plemena. K líhnutí se nehodí vejce kulovitého tvaru, protože mají málo bítku, ani vejce abnormálně velká a protažená, která mají zase obvykle více žloutků. Povrch vajec musí být čistý, hladký, bez zjevných i skrytých prasklin. Od snesení vejce k jeho nasazení nesmí uplynout více než 15 dnů, bez ohledu na to, že jsou násadová vejce uskladněna v dobrých podmínkách. Dlouhodobé skladování vajec snižuje líhnavost. Celkový výsledek líhnutí, kromě podmínek inkubace, závisí také na kvalitě výživy nosnic produkujících násadová vejce. Chovatelské podmínky se nejvíce projevují při líhnutí těch druhů drůbeže, které mají vysokou snášku [16].

### 1.1.1 Volba vajec

Vajíčka by měla být sesbírána od zdravých, dobře krmených a pohlavně dospělých jedinců, aby se zachoval počet oplodněných vajíček v hojném počtu. V tab.1 jsou uvedeny pohlavní zralosti některých vybraných ptáků.

*Tab.1 Pohlavní zralosti*

Křepelka	1,5 měsíce
Krůta	7 měsíců
Kachna	8 měsíců
Husa	8 měsíců
Slepice	6 - 8 měsíců
Bažant	6 - 7 měsíců
Perlička	8 - 10 měsíců
Koroptev	10 - 12 měsíců

Nedoporučuje se křížení příbuzných zvířat, protože by mohly zplodit vajíčko obsahující oslabené embryo. Nejplodnější čas pro zvířata jsou nejsvětlejší období v roce (únor – září). Je nutné dbát na teplotu v rozmezí 14 - 23°C a vlhkost 55% – 75%. Také je třeba zabránit kladení vajec přímo na sluneční svit nebo na horká místa, protože by se ve vejcích začala vyvíjet embrya a tím by se přerušila nutná konzervační doba před vlastní inkubací. V zájmu plynulého vývoje inkubace, se vyžaduje od chovatele, aby snesená vejce uchránil od nepřízně počasí, přímého slunečního záření, nadměrné teploty nebo vlhkosti. Za tímto účelem se doporučuje provádět sběr několikrát denně. Vybraná vajíčka by měla být umístěna špičkou dolů a ponechána alespoň 3 dny v místnosti se stálou teplotou v rozmezí

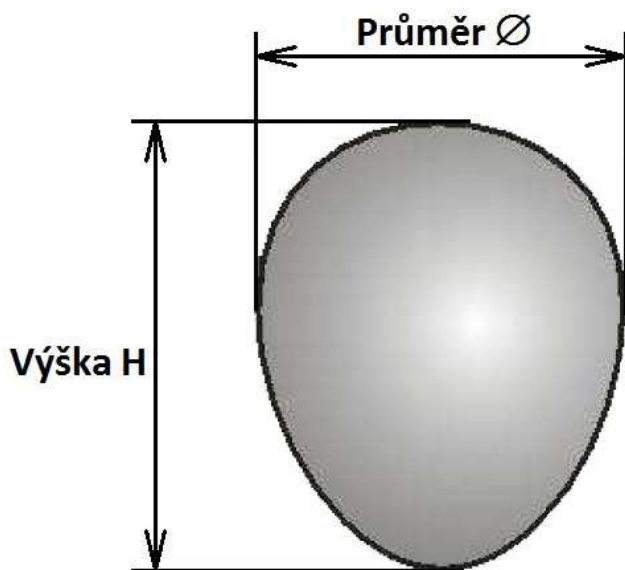


od 15°C – 18°C se stálou vlhkostí mezi 70% – 75%, předtím, než budou uložena do líhně. V tab.2 jsou uvedeny podmínky skladování některých vajec.

**Tab.2 Skladování vajec**

Podmínky pro skladování	Doba skladování					
	Slepičí a krůtí vejce			Kachní a husí vejce		
	3 dny	6 dnů	více než 6 dnů	3 dny	8 dnů	více než 8 dnů
Teplota [°C]	15 - 18	12 - 15	8 - 12	15 - 18	12 - 15	8 - 12
Vlhkost [%]	75 - 80	80 - 82	83 - 85	75 - 80	80 - 82	83 - 85

Je dobré neuchovávat vejce déle jak 10 dní od snůšky mimo líheň. Vajíčka by měla být sesbírána několikrát denně a umístěna na vhodný podnos špičkou dolů. Pokud je teplota příliš nízká nebo vysoká, měly by se vajíčka sbírat každou hodinu. Na konci každého dne by se měli sesbírat všechna zbylá vajíčka. Vajíčka by se neměli ponechávat přes noc v hníždě. Vajíčka by měla být sesbírána po snůšce bez třepání a klepání o sebe. Vajíčka by měla být rozdělena podle velikosti, tvaru a váhy a uložena tak, aby se navzájem nedotýkala. V tab.3 jsou uvedeny doporučené rozměry a váhy některých vajec



**Obr.1 Rozměry vejce [18]**

**Tab.3 Rozměry a váha vejce**

Drůbež	Ø [mm]	H [mm]	Váha vejce [g]
Slepice	42 - 43	57 - 58	55 - 65
Krůta	47 - 48	62 - 66	80 - 100
Kachna	45 - 48	71 - 79	75 - 90
Husa	56 - 61	86 - 92	110 - 210

Vajíčka by měla být střední velikosti, ne deformovaná nebo kulatá, nebo s příliš tenkou skořápkou. Všechna vajíčka by měla vypadat stejně, měla by být očištěná a uchráněna kontaktu s vodou. Z deformovaných nebo kulatých vajec by se mohla líhnout deformovaná kuřata. Z vrásčitých skořápek by se mohlo vyloučit příliš vápníku a vlhkosti a společně s teplem by vejce ztvrdlo. V tomhle případě by embryo zemřelo uvnitř skořápky. Používání těchto vajec procentuálně snižuje líhnivost.

### 1.1.2 Proces inkubace

Inkubace vajec starších než 10 dní může probíhat následovně:

- Líhnutí nenastane a zárodky uhynou uvnitř vajíček
- Embrya se dostatečně nevyvinou
- Líhnutí nastane pozdě a neregulérně, následkem toho budou kuřata oslabená a deformovaná
- Někteří kuřata mohou uspět v proklívání díry ve skořápce, ale obvykle zůstávají uvězněna uvnitř ve skořápce, protože jsou příliš slabá.

Inkubační doba začíná, když jsou vejce umístěna do inkubátoru a končí asi 2 až 3 dny před narozením mláděte. Konečný vývoj procesu inkubace se liší podle druhu a je uveden v tab.4.

**Tab.4 Konečný vývoj procesu inkubace**

Druh domácí drůbeže	Délka od zahájení inkubace (dny)			
	Začátek klubání	Začátek líhnutí	Hromadné líhnutí	Konec líhnutí
Slepice	19	20	20 - 21	21
Krůta	25	27	27 - 28	28
Kachna	24 - 25	25 - 26	26 - 27	27 - 28
Kachna pižmová	30	31 - 32	32 - 33	35
Husa	28 - 29	28 - 30	29 - 31	30 - 32

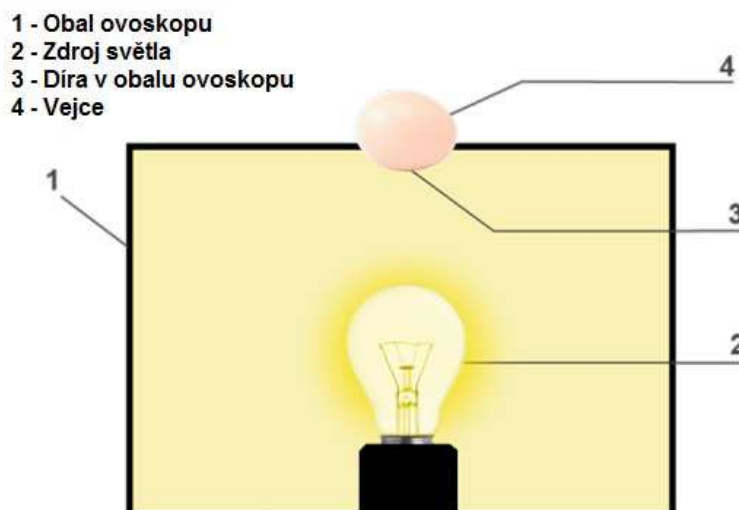
Vylíhnutá kuřata se nechávají v líhni oschnout a aklimatizovat zpravidla 24 hodin. Není třeba dokrmovat, živiny berou ze žloutkového váčku.

### 1.1.3 Kontroly během inkubace

Pravidelné kontroly inkubace se liší podle druhu drůbeže. K provádění kontrol je nutný ovoskop (Obr.2). Všechna vejce vložená do líhně k inkubaci se vyndávají po jednom a pravidelně se kontrolují ve lhůtách uvedených v tab.5. Tyto lhůty se počítají ode dne zahájení inkubace.

**Tab.5 Lhůty pro pravidelnou kontrolu**

Druh domácí drůbeže	Lhůty pro pravidelnou kontrolu		
	Kontrola 1	Kontrola 2	Kontrola 3
Slepice	8 den	11 den	18 den
Krůta	8 den	13 den	24 den
Kachna	8 den	13 den	24 den
Kachna pižmová	10 den	17 den	30 den
Husa	9 den	15 den	25 - 29 den

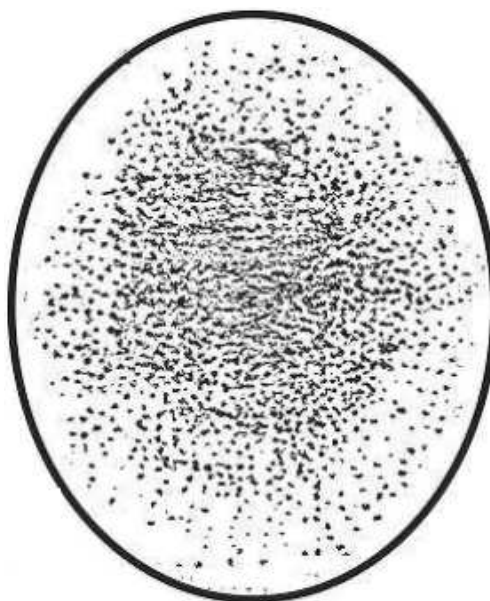


*Obr.2 Ovoskop*

### **První kontrola**

Účel kontroly: potvrzení dobrého začátku inkubace

- Normální situace: Embryo je sotva viditelné, je začleněno uvnitř žloutku (obr.3). Nicméně, embryo lze vidět, pokud je pečlivě zkoumáno a na silnějším světle, vedle skořápky a hodně blízko vzduchové komory. Lze také vidět krevní cévy na užším konci vejce.
- Abnormální situace: Vnitřek vejce je nerovnoměrný. Nelze vidět krevní cévy. Vaječný žloutek je ve středu vejce. Toto vejce je nevhodné k dalšímu líhnutí.

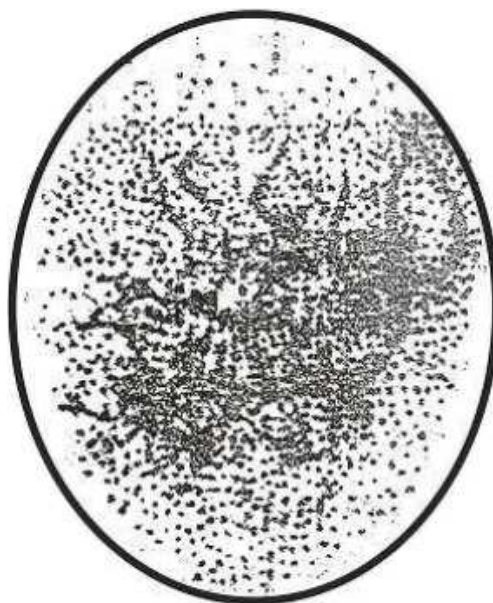


*Obr.3 Vejce prosvětlená ovoskopem při první kontrole [18]*

## **Druhá kontrola**

Účel kontroly: kontrola stavu přechodného vývoje embrya

- Normální situace: Je viditelná silná síť krevních cév, seskupena na užším konci vejce. Embryo je viditelné jako tmavá skvrna specifického tvaru a mírně pohyblivé při zatřepání vejcem (obr.4).
- Abnormální situace: V horní části vejce nejsou vidět krevní cévy, ale jasná světlá plocha. Embryo je viditelné jako skvrna nespecifického tvaru a velmi pohyblivé při zatřepání. Embryo je mrtvé – vejce je nutné vyhodit.



*Obr.4 Vejce prosvětlené ovoskopem při druhé kontrole [18]*

## **Třetí kontrola**

Účel kontroly: kontrola vzduchové komory a polohy krku zárodku před vylíhnutím

- Normální situace: Embryo zabírá celé vejce. Vzduchová komora je velká. Krevní cévy již nejsou vidět.
- Abnormální situace: Embryo nezabírá celé vejce. Krevní cévy jsou viditelné. Vzduchová komora je malá. Nezpracovaný bílek. Embryo je slabě vyvinuté. Vejce je nutné vyhodit.

## **1.2 Základní konstrukční typy líhní**

V základu lze líhně rozdělit na tři základní typy

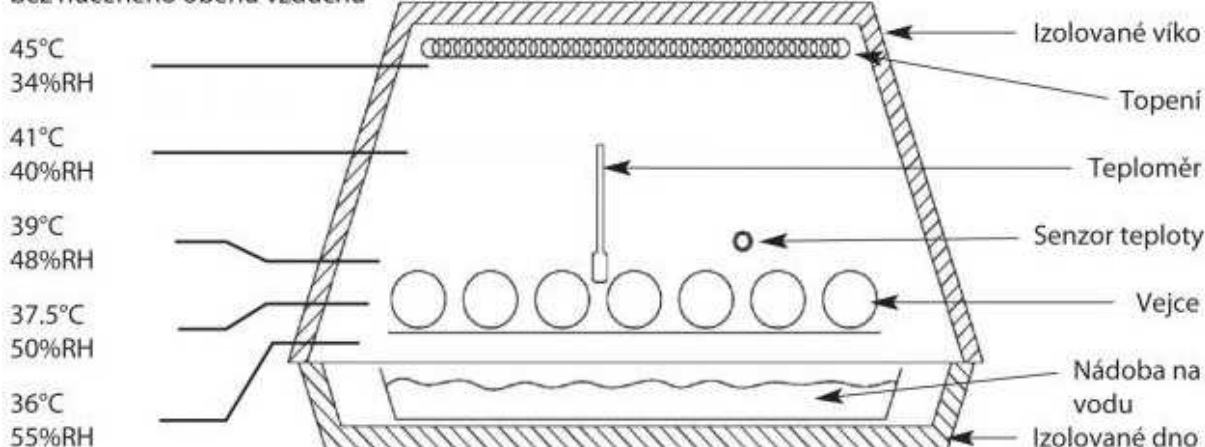
- líhně bez nuceného oběhu vzduchu
- líhně s nuceným oběhem vzduchu
- líhně kontaktní

Mezi nejvíce používané líhně patří první dva typy. Je to možná i proto, že je lze vyrobit svépomocí i doma. Kontaktní líhně se příliš nepoužívají. Je to především z důvodu vysoké ceny. Své uplatnění nacházejí především v zoologických zahradách nebo u chovatelů vzácných papoušků [6].

### 1.2.1 Líhně bez nuceného oběhu vzduchu

Líhně bez nuceného oběhu vzduchu (bez ventilátoru) patří k nejstarším a relativně jednoduchým typům, které si může sestavit prakticky každý. K šíření tepla v této líhni dochází konvekcí – tedy přirozenému proudění vzduchu. K dosažení dostatečné výměny vzduchu mívají tyto líhně nasávání čerstvého vzduchu v dolní části a odvod  $\text{CO}_2$  v horní části. Čím je potom větší rozdíl mezi teplotou uvnitř líhně a teplotou v místnosti, tím je také větší proudění vzduchu dovnitř a ven z líhně. Sestavit tuto líheň bývá však mnohem jednodušší než její nastavení. Líhně bez nuceného oběhu vzduchu mají samozřejmě uvnitř v různé výšce různou teplotu (obr.5) a jsou náchylné nejen na změny teploty v místnosti, ale také například na změny tlaku. Pokud je navíc použit termostat, který není propojený s teploměrem (typické u levnějších líhní, které používají kapalinové teploměry), pak může teplota uvnitř líhně až nebezpečně kolísat. Naopak při použití digitálního ovládání a proporcionálního termostatu získáme líheň, která nevysušuje vejce a která se přibližuje přirozenému procesu líhnutí v přírodě (teplo shora) [6].

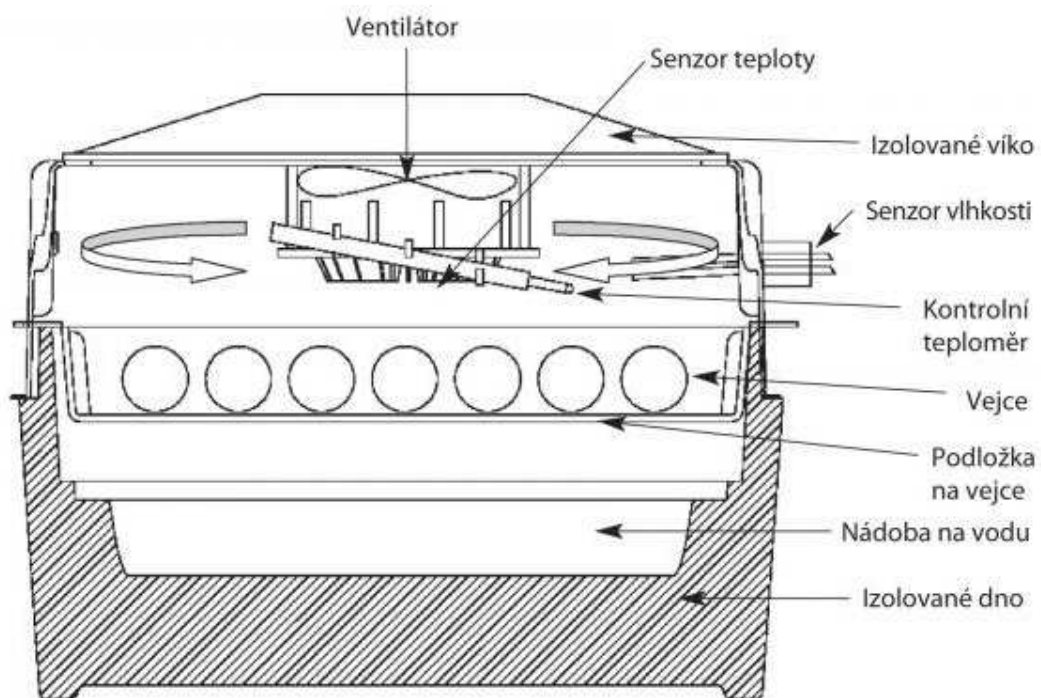
Příklad rozvrstvení teploty v líhni bez nuceného oběhu vzduchu



Obr.5 Princip líhně bez nuceného oběhu vzduchu [6]

### 1.2.2 Líhně s nuceným oběhem vzduchu

Líhně s ventilátorem jsou dnes asi nejoblíbenějším typem líhně a to především díky jejich jednoduchosti a nenáročnosti ovládání a také vysoké přesnosti, které mohou dosahovat. Teplo je distribuováno v prostoru líhně právě pomocí ventilátoru a umístění senzorů teploty a vlhkosti není tak důležité. Samotný ventilátor však ještě není zárukou toho, že hodnoty teploty budou v celém prostoru líhně stejné. Právě proudění vzduchu, především jeho síla a směr, bývá nejsložitější při konstrukci těchto líhní. Ventilátor nesmí být příliš velký. Často je lepší použít 2 menší ventilátory. Vzduch by neměl proudit od ventilátoru přímo na vejce. V takovém případě by totiž docházelo k nadměrnému vysušování vajec. Obecně je nutné myslet na to, že ve všech líhních s nuceným oběhem vzduchu je vysušování vajec vyšší než v líhních bez ventilátoru a vlhkost se tedy musí pečlivě sledovat [6].



***Obr.6 Princip líhně s nuceným oběhem vzduchu [6]***



***Obr.7 Stolní líheň s nuceným oběhem vzduchu [6]***





*Obr.8 Skříňová líheň s nuceným oběhem vzduchu [6]*

### 1.2.3 Líhně kontaktní

Jedním z hlavních rozdílů mezi přirozeným líhnutím v přírodě a umělým líhnutím je způsob ohřívání vejce. Zatímco v líhni obklopíme vejce teplým vzduchem, v přírodě je vejce ohříváno přímo kontaktem s rodiči. V kontaktních líhních se výrobci snaží maximálně simulovat přirozený proces. V líhni se automaticky nafukuje teplým vzduchem polštář, který shora dosedá na vejce a zahřívá je. V nastaveném intervalu potom dochází k jeho vyfouknutí - ochlazení vajec a opětovnému nafouknutí - zahřívání vajec [6].



*Obr.9 Kontaktní líheň [6]*

### 1.3 Princip líhnutí

Pro úspěšné umělé líhnutí ptactva je nutné čím jak nejpřesněji napodobit přírodní podmínky. Nejdůležitější je zajistit čtyři základní podmínky.

- správně udržovat teplotu vejce tak, aby došlo ke správnému nastartování metabolických procesů
- zabezpečit dostatečnou vlhkost vejce, jelikož vejce přes pórovitou skořápku vysychá
- zajistit stálý přístup kyslíku a odvod  $\text{CO}_2$ , protože vejce „dýchá“

#### 1.3.1 Regulace teploty

Teplota je při líhnutí nejkritičtějším faktorem a její přesnost a stálost je pro vývoj zárodku nejdůležitější. Důležitá je přitom právě teplota zárodku, tedy zhruba uprostřed vejce. Toto je třeba mít na paměti především u líhnutí bez ventilátoru, kde je díky rozvrstvení teploty jiná teplota na vrchní části vajec a jiná teplota uprostřed. U těchto líhnutí by se senzor teploty měl nacházet co nejblíže vrchní části vajec. V žádném případě se nesmí dotýkat vajec! Teplota se nastavuje vždy vyšší než u líhnutí s ventilátorem. Jako zdroj tepla nám může posloužit žárovka, topná spirála, topný kabel nebo topné těleso. Při stavbě líhně, je vždy nutné počítat s tepelnou setrvačností zdroje tepla, který použijeme. Ta je obecně největší u topných těles a keramických žárovek, nižší je potom u obyčejných žárovek a nejmenší je u topných kabelů a topných spirál. Právě tepelná setrvačnost je ve spojení s obyčejným termostatem příčinou kolísání teploty. Kolísání teplot v líhni vlivem tepelné setrvačnosti se můžeme snadno vyhnout použitím proporcionálních líhňových termostatů. Tyto termostaty netopí naplno až do nastavené teploty, ale jen např. do 80% této teploty. Poté již pouze krátkými impulsy dosáhnou nastavené teploty a udržují ji. Díky tomu nedochází v líhni k přetopení a při správné konstrukci lze dosáhnout velmi vysoké přesnosti. Proporcionální termostaty nejsou příliš vhodné pro použití se žárovkami. Tím, že proporcionální termostat udržuje teplotu impulsy, dochází k častému rozsvícení a zhasínání žárovek a snadno dojde k jejich prasknutí. Většina kvalitních továrních líhnutí již používá právě proporcionální termostaty [6].

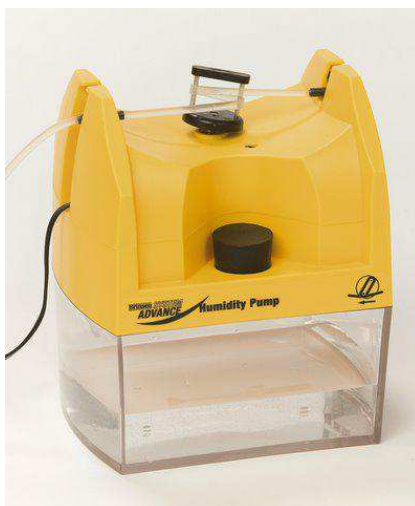
#### 1.3.2 Regulace vlhkosti

Stálá a přesná vlhkost není pro vývoj zárodku tak kritická jako teplota. Každé vejce přes skořápku vysychá a ztrácí hmotnost. Ztráta hmotnosti by od prvního do posledního dne líhnutí měla činit 13-15% hmotnosti vejce. Kolísání vlhkosti tedy není tak důležité, pokud průměrná vlhkost odpovídá ideálu a pokud ztráta hmotnosti činí právě ideálních 13-15%. Pokud je vlhkost v líhni nízká, vejce vysychá rychleji a ztráta hmotnosti je větší. Naopak při příliš vysoké vlhkosti se vejce vysušuje méně, vejce zůstává těžší a vzduchová komůrka zůstává malá. Pro všechny ptáky potom platí, že vlhkost během klubání by měla být vyšší, min. okolo 60% RH. Vlhkost v líhni lze ovlivňovat a regulovat v zásadě dvěma různými způsoby. Jednak množstvím vody, které se v líhni odpaří a jednak regulováním přívodu suchého vzduchu zvenku. V doma vyrobených líhních se většinou vlhkost automaticky nereguluje, pouze se dolévá voda do nádržky. Mějme na paměti, že není důležitá hloubka vody v nádrži, ale její plocha. Čím je plocha na odpařování větší, tím bude vyšší i vlhkost v líhni. Pokud se rozhodneme pro stavbu líhně a automatickou regulaci vlhkosti, máme v podstatě dvě možnosti [6].



- použít externí čerpadlo (Obr.10) spínané hygrostatem, které bude do nádržky v líně dočerpávat vodu
- použít silikonový topný kabel ponořený ve vodě, který bude sepnutý, když je potřeba zvýšit vlhkost.

V továrních línách se používají jak externí čerpadla, tak i topná tělesa. Levnější tovární líně vlhkost většinou neregulují a je tedy nutné vlhkost sledovat a udržovat manuálně.



*Obr.10 Externí čerpadlo [6]*

### **1.3.3 Polohování vajec**

Otáčení vajec je pro správný vývin zárodku opět velmi důležité a to ze dvou důvodů. Jednak proto, aby se zárodek nedotkl stěny vejce a nepřilepil se k ní, a jednak je pohybem vejce zajištěn stálý přísun živin k zárodku. Toto je velmi důležité především první týden, kdy ještě zárodek nemá vlastní oběhový systém. Nutná frekvence a úhel otáčení se u jednotlivých druhů ptáků může významně lišit a také poloha vejce a způsob otáčení je různý. Ve velkých línách na drůbež se vejce nejčastěji vkládají do lísek ostrým koncem dolů a celé lísky s nimi potom natáčejí cca 40° na každou stranu. Tento způsob je pro veškerou drůbež naprosto vyhovující a napodobují ho i některé malé, továrně vyráběné líně s otáčecí kolébkou. Pro exotické ptáky a pro dravce je však poloha vejce ostrým koncem dolů nevhodná a tato vejce by měla ležet. Pro jejich otáčení se potom používají posuvná dna. Vejce leží na dně, které se pohybuje doleva a doprava. Při pohybu dna se vejce zarazí o přepážku a protočí se na místě. Další způsob je systém válečků, na kterých vejce leží a které se otáčejí i s vejcem [6].

## 2 Popis stávajícího stavu líhně

Jedná se o stacionární stolní líheň značky PUISOR novou od výrobce Electro Armén (Obr.11). Tato líheň nachází své uplatnění u malých chovatelů. Její používání je určeno především pro vodní a hrabavou drůbež (např. slepice, husy, kachny, krůty, křepelky, perličky, bažanty). Díky jejím tvarům se jedná o jediný kulatý inkubátor na trhu. Další velkou předností je průhledné víko.



*Obr.11 Líheň*

### Technické údaje:

- |                                |  |
|--------------------------------|--|
| - Napájecí napětí:             | 230V, 50Hz   |
| - Maximální dodávaný výkon:    | 100W   |
| - Průměrná spotřeba:           | 50W/hod  |
| - Kapacita s otočným roštem:   | 51 slepičích vajec   |
| - Kapacita bez otočného roštu: | 70 slepičích, 60 kachních, 35 husích nebo 45 krůtích vajec |
| - Regulace teploty:            | Automatická, nastaveno z výroby                            |
| - Otáčení vajec:               | Ruční – otočný rošt  |
| - Zobrazení teploty:           | Ano  |
| - Zobrazení vlhkosti:          | Ano  |
| - Úroveň hluku:                | 20db   |
| - Rozměry:                     | Ø480mm, v: 240mm   |

### 2.1 Jednotlivé části líhně

Celá líheň je složená z několika částí. Těmi částmi jsou:

- Spodní miska (Obr.12)
- Rošt (Obr.13)
- Lísky (Obr.14)
- Horní víko (Obr.15)
- Topný kabel s ventilátorem (Obr.16)
- Regulátor (Obr.17)



*Obr.12 Spodní miska*



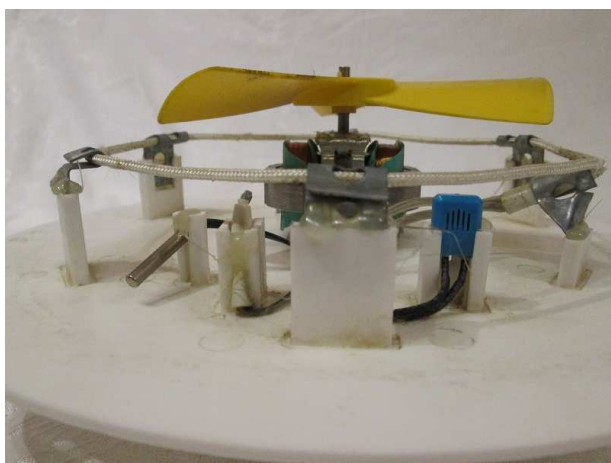
*Obr.13 Spodní miska s roštem*



*Obr.14 Spodní miska s roštem a lísky*



*Obr.15 Horní víko*



*Obr.16 Topný kabel s ventilátorem*



*Obr.17 Regulátor*

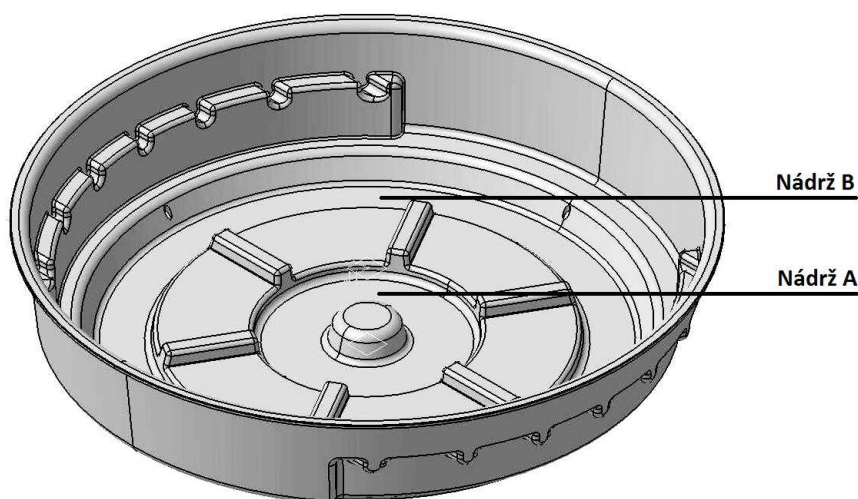


## 2.2 Regulace teploty

V této líhni je požadovaná teplota udržována proporčním regulátorem. Jedná se o dvou stavový regulátor. Továrně je nastaven tak, že do 80% požadované teploty je jeho výstup trvale sepnut. Poté co teplota v líhni překročí 80% požadované teploty, začne jeho výstup pulzovat frekvencí 0,5Hz. Nastavení teploty je neměnné. Továrně je nastavená na 38°C.

## 2.3 Regulace vlhkosti

Vlhkost je udržována pomocí dvou nádrží ve spodním víku (Obr.18).



*Obr.18 Nádrže [18]*

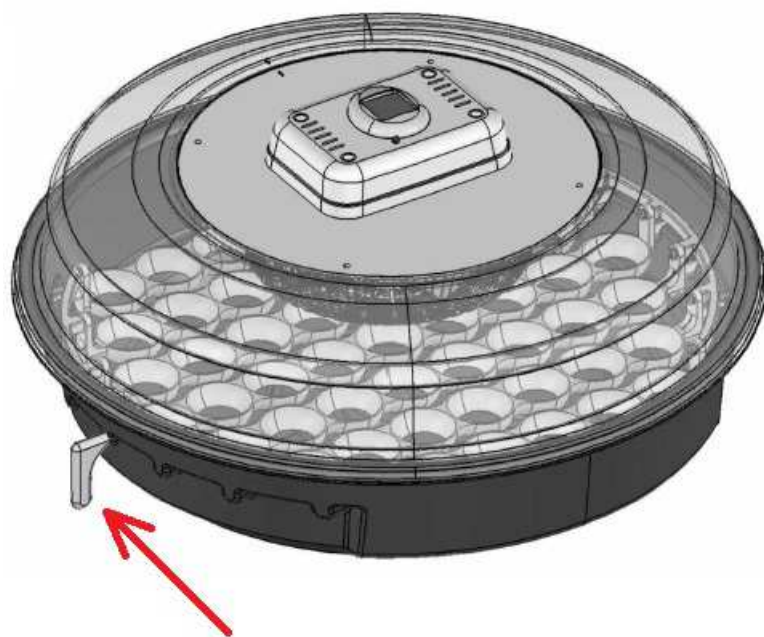
Jelikož je odpařování závislé na teplotě a ploše hladiny vody, musíme vědět, jaké vlhkosti chceme dosáhnout. Podle toho se pak voda nalije do příslušné nádržky. Požadované vlhkosti jsou uvedeny v Tab.6. Stav vody v jednotlivých nádržích je nutné během líhnutí hlídat.

*Tab.6 Požadované vlhkosti*

Druh domácí drůbeže	Inkubační období (dny)	Vlhkost			
		První období		Poslední dva dny	
		Nádrž A	Nádrž B	Nádrž B	Nádrž A+B
Slepice	21	60%		75%	
Krůta	28	60%		75%	
Kachna	28		75%		80 - 85%
Kachna pižmová	35		75%		80 - 85%
Husa	30		75%		80 - 85%

## 2.4 Polohování vajec

Polohování vajec je pouze manuální. Provádí se pomocí ruční páčky (Obr.19) a to vlevo a vpravo o 90°. Polohování vajec začíná třetí den inkubace a končí 3 dny před uplynutím inkubačního období. Poslední tři dny se vejce nepolohují, protože si kuřata vybírají polohu jak se dostat ven.

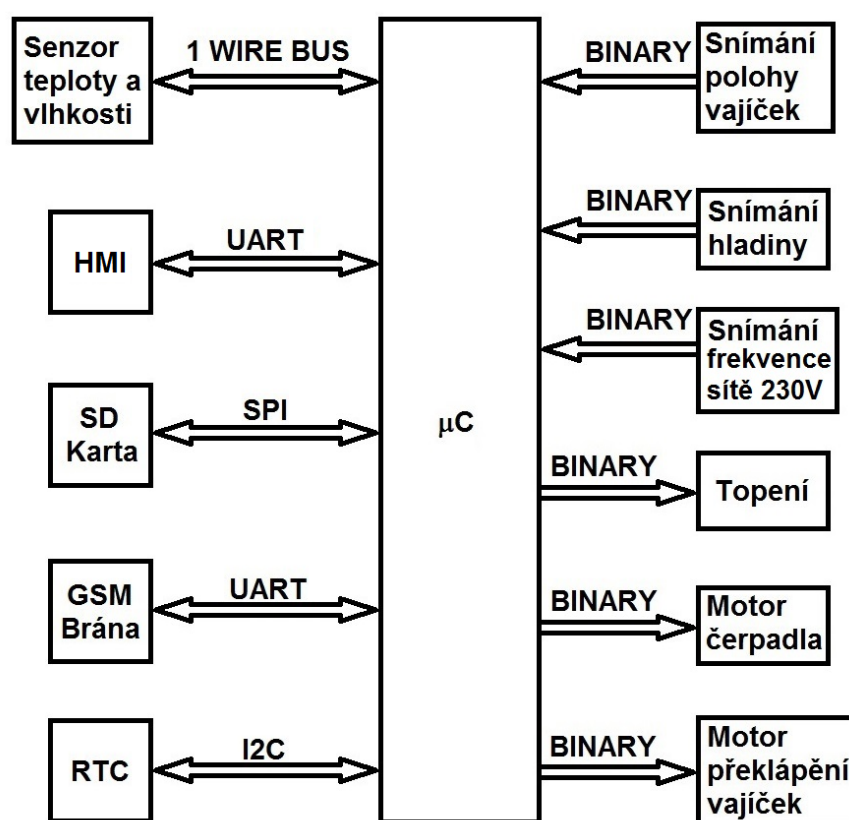


*Obr.19 Polohovací páčka [18]*

### 3 Návrh rekonstrukce

#### Požadavky na nový regulátor líhně

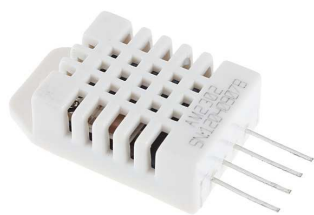
- Nastavitelná teplota v líhni
- Automatické překlápění vajíček
- Automatické doplňování vody
- Zobrazení celého procesu na displeji
- Implementace RTC
- Hlášení poruchových stavů pomocí GSM brány
- Ukládání provozních dat na SD kartu



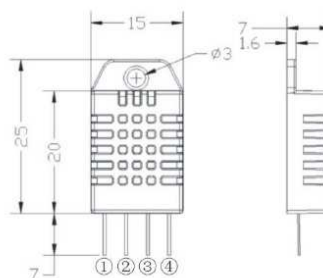
Obr.20 Blokové schéma

#### 3.1 Senzor teploty a vlhkosti

AM2302 je senzor určený pro snímání vlhkosti a teploty. Tento senzor je složený z kapacitního snímače vlhkosti a vysoce přesného snímače teploty. Tyto dva senzory vyhodnocuje 8-bitový mikrokontrolér. Senzor vyniká svou kvalitou, rychlou odezvou, silnou odolností proti rušení a nízkými náklady. Každý senzor je velmi přesně kalibrován. Všechny kalibrační konstanty jsou uloženy v mikrokontroléru a senzor je využívá v rámci zpracovávání signálu. Senzor komunikuje pomocí standardní single-bus sběrnice, což umožňuje jeho snadnou integraci. Senzor dále vyniká svými malými rozměry, nízkou spotřebou energie a přenosem signálu až na 20 metrů.



**Obr.21 Senzor teploty a vlhkosti AM2302**



**Obr.22 Rozměry senzoru AM2302 [22]**

### 3.1.1 Oblast použití

HVAC, odvlhčovače, zkušební a kontrolní zařízení, spotřební zboží, automobilový průmysl, datalogery, domácí spotřebiče, regulátory vlhkosti, lékařství, meteorologické stanice a další měření vlhkosti a regulace.

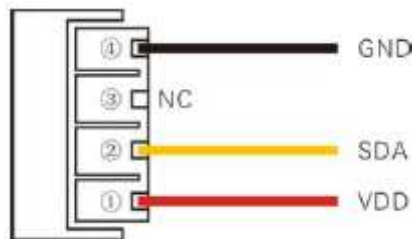
### 3.1.2 Výhody

Velmi nízká spotřeba, přenosová vzdálenost, plně automatická kalibrace, kapacitní snímač vlhkosti, standardní digitální single-bus výstup, vynikající dlouhodobá stabilita, vysoká přesnost zařízení pro měření teploty.

### 3.1.3 Parametry senzorů

**Tab.7 Seznam vývodů**

Číslo pinu	Název	Popis
1	VDD	Napájení (3.3V - 5.5V)
2	SDA	Sériová data, obousměrný port
3	NC	Nevyužito
4	GND	Uzemnění



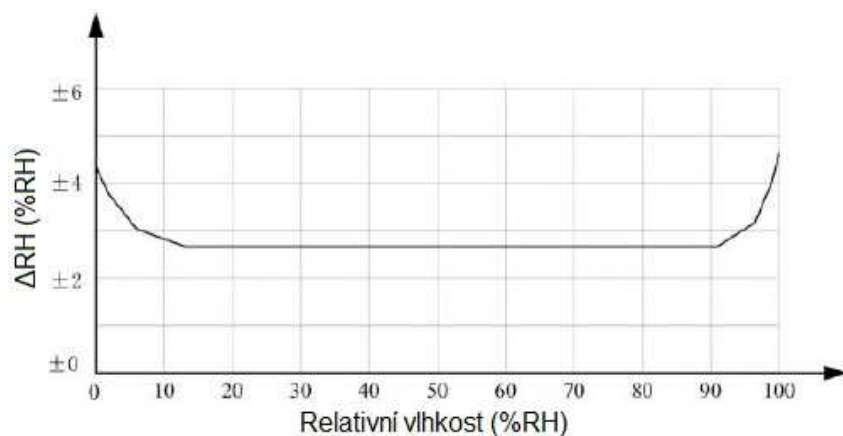
**Obr.23 Seznam vývodů [22]**

### Senzor vlhkosti

**Tab.8 Parametry senzoru vlhkosti**

Parametr	min	typ	max	jednotka
Rozlišení		0.1		%RH
Rozsah	0		99.9	%RH
Přesnost		±2		%RH
Opakovatelnost		±0.3		%RH



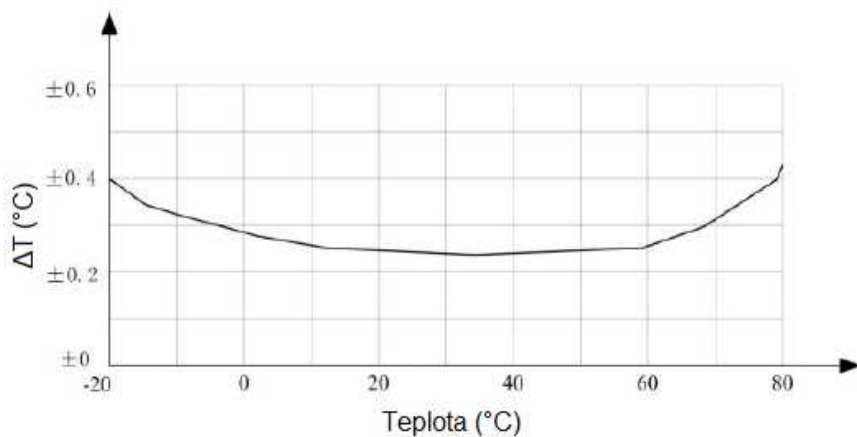


**Obr.24 Chyba měření vlhkosti při 25°C [22]**

### Senzor teploty

**Tab.9 Parametry senzoru teploty**

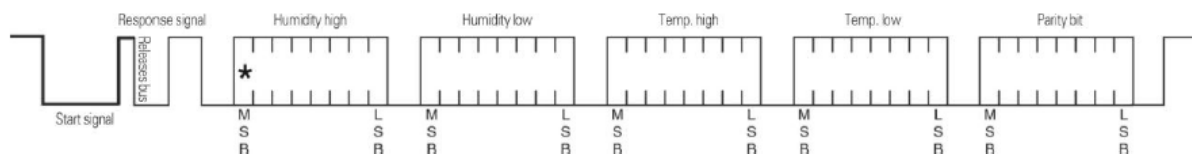
Parametr	min	typ	max	jednotka
Rozlišení		0.1		°C
Rozsah	-40		80	°C
Přesnost		±0.5	±1	°C
Opakovatelnost		±0.2		°C



**Obr.25 Chyba měření teploty [22]**

### **3.1.4 Popis komunikace**

Senzor používá zjednodušenou single-bus komunikaci. Celá komunikace pracuje na principu Master-Slave. Na začátku komunikace master stáhne sběrnici k nule na minimálně 800μs a pak ji uvolní. Následně pak slave odpoví stažením sběrnice na 80μs a pak následuje startovací signál v délce 80μs. Po tomto signálu slave vyšle 40 bitů. Průběh komunikace je na obr.26.



**Obr.26 Průběh komunikace [22]**

### 3.1.5 Kontrolní součet

Tento výpočet probíhá tak, že se bitově sečtou první čtyři přijaté bajty. Tento součet se musí rovnat hodnotě přijaté v pátém bajtu. Postup výpočtu je uvedený níže.

Přijatá data

<u>0000 0010</u>	<u>1001 0010</u>	<u>0000 0001</u>	<u>0000 1101</u>	<u>1010 0010</u>
High byte vlhkost	Low byte vlhko	High byte teplota	High byte teplot	Paritní byte

Výpočet kontrolního součtu

$0000\ 0010 + 1001\ 0010 + 0000\ 0001 + 0000\ 1101 = 1010\ 0010$  (Paritní byte)

### 3.1.6 Výpočet teploty a vlhkosti

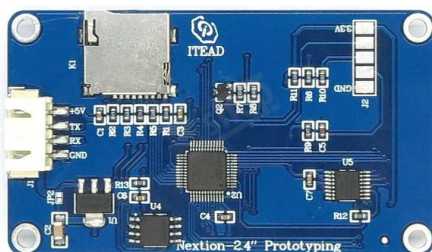
Postup výpočtu teploty a vlhkosti z přijatých bytů je uvedený níže.

**Vlhkost:**  $0000\ 0010\ 1001\ 0010 = 0292h = 2 \times 256 + 9 \times 16 + 2 = 658 = 65,8\%RH$

**Teplota:**  $0000\ 0001\ 0000\ 1101 = 10Dh = 1 \times 256 + 0 \times 16 + 13 = 269 = 26,9^{\circ}C$

## 3.2 HMI

V této aplikaci jsem se rozhodl použít grafický displej s odporovou dotykovou plochou značky Nextion (Obr.28). Jedná se o velice snadno programovatelný HMI displej o velikosti 2.4". Displej lze programovat pomocí volně dostupného grafického editoru (obr.29), který obsahuje také simulátor. Tento displej může pracovat jak samostatně, nebo jej lze ovládat pomocí sériového rozhraní a to pomocí jednoduchých příkazů. Veškerá grafika je nahrána do paměti displeje a odpadá složité načítání přes SD kartu. Zabudovaný mikro SD port je použit jen pro nahrání uživatelské grafiky do displeje a dál již není používán, slouží tedy jen pro změnu programu v displej.



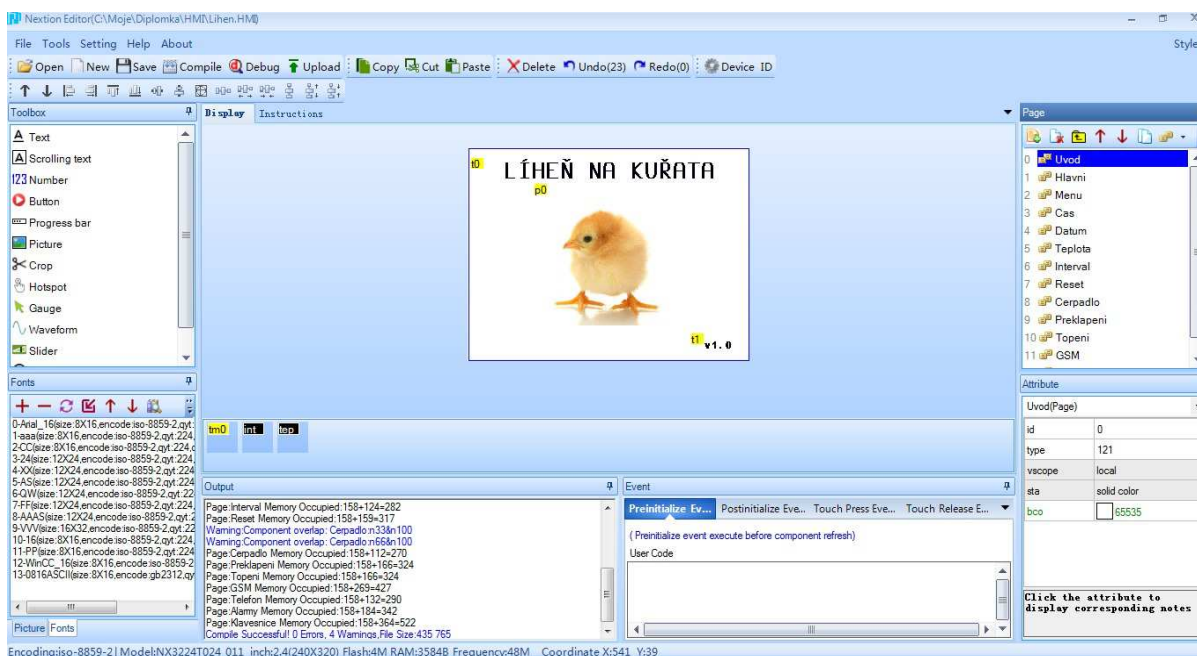
**Obr.27 Displej – zespoda [11]**



**Obr.28 Displej – shora [11]**

## Parametry displeje

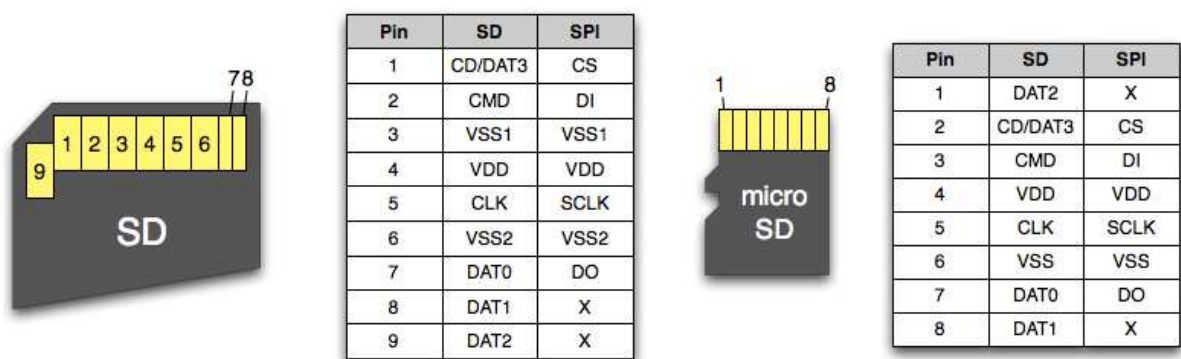
- Model: NX3224T024\_011R
- Rozlišení: 320x240
- Napájení: 5V
- Velikost displeje: 2.4"
- Touch panel: RTP (tlakový)
- Slot pro micro SD kartu (max.32GB, FAT32)
- Procesor ARM 7, 48MHz
- FLASH paměť: 4MB
- RAM: 3584B
- Počet barev: 65536
- Komunikace: UART



**Obr.29** Vývojový software pro displej Nextion

## 3.3 SD karta

Pro ukládání provozních dat, jsem zvolil jako paměťové médium SD kartu. Existují dva způsoby, jak může být mikro SD karta propojená s mikrokontrolérem - Režim SPI a režim SD. Zapojení jednotlivých pinů pro tyto režimy jsou různé. Režim SD je nejrychlejší a je používán v mobilních telefonech, digitálních fotoaparátech atd. SPI režim je pomalý, ale méně náročný v porovnání s režimem SD a je kompatibilní s jakýmkoli mikrokontrolérem s vestavěným SPI. V mém případě jsem zvolil režim SPI. Na obr.30 je uvedený popis jednotlivých pinů SD karet.

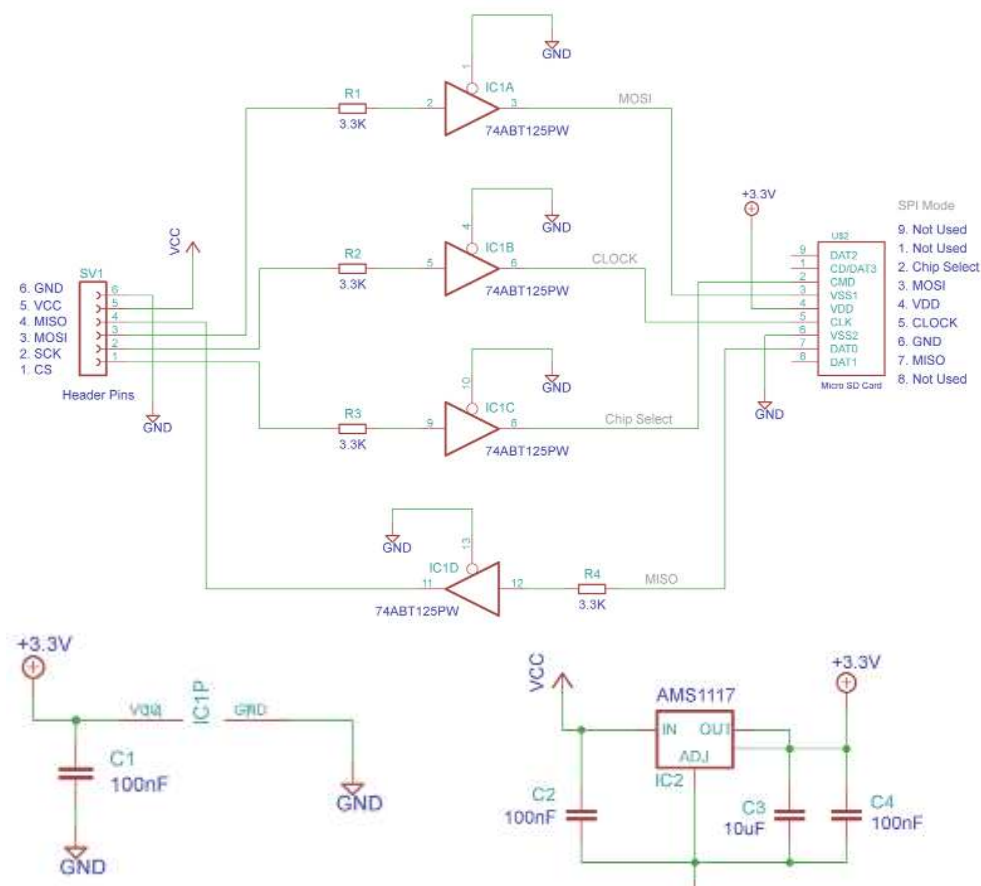


**Obr.30 Popis pinů SD karet**

Jelikož mikro SD karta pracuje s napětím 3.3V, nemůžeme ji proto připojit přímo k obvodům, které používají 5V logiku. V případě, že bychom přivedli na SD kartu napětí přesahující 3,6V, mohli bychom ji trvale poškodit. Z tohoto důvodu je nutné použít napěťové přizpůsobení. Pro tento účel se výborně hodí modul Catalex (obr.31). Tento modul je složen z 3.3V stabilizátoru a budiče sběrnice. Schéma tohoto module je na obr.32.



**Obr.31 Modul SD karty [20]**



*Obr.32 Schéma modulu Catalex [20]*

### 3.4 GSM brána

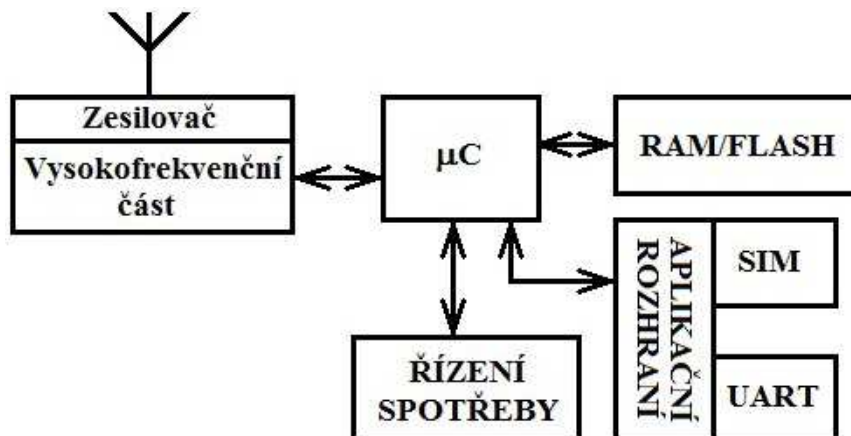
Pro odesílání stavových SMS jsem použil modul Neoway M590 (Obr.33). Jedná se o datový komunikační modul GSM / GPRS. Tento modul pracuje s napájecím napětím 3.3 – 4.5V. Jeho IO rozhraní pracuje s max. 3.3V, proto je nutné použít napěťové přizpůsobení ve spojení s 5V zařízeními. Modul disponuje standardním UART rozhraním, pomocí kterého s ním lze komunikovat použitím standardních AT příkazů.



*Obr.33 Neoway M590*

### Parametry modulu

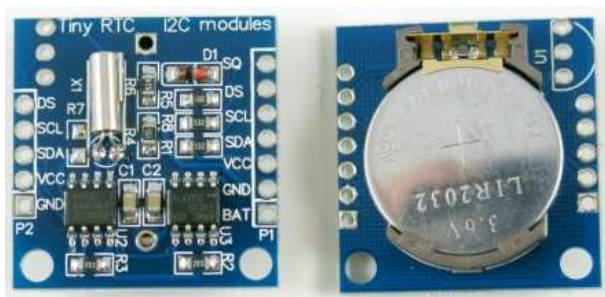
- Frekvenční pásma: EGS900/DCS1800 nebo GSM850/1900
- Citlivost: -107dBm
- Napájecí napětí: 3.3V až 4.5V
- Okamžitý proud: max. 2A
- Provozní proud: 210mA
- Pracovní teplota: -40°C až 85°C



*Obr.34 Blokové schéma Neoway M590*

### 3.5 RTC

Pro udržení aktuálního času jsem vybral modul (obr.35), který obsahuje dva integrované obvody a podpůrné periférie. Jedním z obvodů je sériová paměť 24C32 (v této aplikaci nevyužíván) a druhý obvod jsou hodiny reálného času DS1307 s nízkou spotřebou. Obvod disponuje BCD hodinami, kalendářem a 56 byte SRAM. Adresy a data se přenášejí sériově pomocí dvou drátové obousměrné sběrnice. Z paměti obvodu lze vyčíst sekundy, minuty, hodiny, den, datum, měsíc a rok. Součástí je i korekce přestupného roku. Hodiny můžou běžet buď ve 24 hodinovém nebo 12 hodinovém formátu s ukazatelem AM / PM. Pro případ výpadku napájení je vybaven odvodem, který výpadek detekuje a automaticky přepne na záložní baterii.



*Obr.35 Modul RTC [12]*





00H	SEKUNDY
	MINUTY
	HODINY
	DEN V TÝDNU
	DEN
	MĚSÍC
	ROK
07H	ŘÍZENÍ
08H	RAM
3FH	56X8

**Obr.37 Adresová mapa registrů [23]**

### 3.5.3 Čas a datum

Informace o čase a datu jsou získávány čtením příslušných bajtů registru. Registry hodin reálného času jsou zobrazeny na obr.38. Hodiny nebo datum jsou nastaveny nebo přečteny zapsáním příslušných bajtů registru. Obsahy časových a datumových registrů jsou ve formátu BCD. Bit 7 registru 0 je určen k zastavení chodu hodin (CH). Když je tento bit nastaven na hodnotu 1, je oscilátor vypnut. Po přepsání na hodnotu 0 je oscilátor povolen. Je velmi důležité si uvědomit, že počáteční stav registrů není definován. Proto je důležité během počáteční konfigurace povolit oscilátor (CH bit = 0).

	BIT7							BIT0	
00H	CH	10sec			1sec				00-59
	x	10min			1min				00-59
	x	12 24	10hod A/P	10hod	1hod				01-12 00-23
	x	x	x	x	x	den v týdnu			1-7
	x	x	10den		1den				01-28/29 01-30 01-31
	x	x	x	10 měsíc	1měsíc				01-12
	10rok				1rok				00-99
07H	OUT	x	x	SQWE	x	x	RS1	RS0	

**Obr.38 Registry RTC [23]**

### 3.6 Snímání polohy vajíček

Vajíčka v líhni mají pouze dvě polohy. Překlopeno vpravo nebo vlevo. Není tedy nutné snímat přesnou polohu, ale stačí snímat koncové polohy. Pro tento účel postačí dva koncové spínače. Jeden ze spínačů je na obr.39.

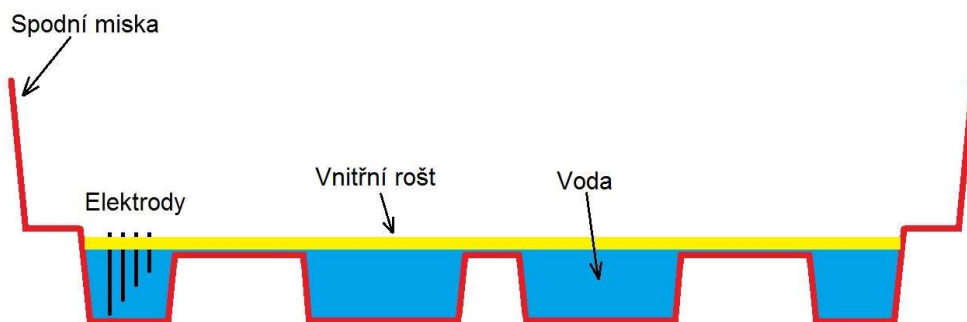




*Obr.39 Koncový mikropsínač [14]*

### 3.7 Snímání hladiny

Snímání hladiny je v tomto případě řešeno třístavovým vyhodnocováním pomocí čtyř nerezových elektrod (obr.40).



*Obr.40 Řez spodní miskou*

### 3.8 Topení

Topení je v této líně řešeno pomocí topného kabelu (obr.41). Tento způsob vytápění zůstane zachován.

**Topný kabel**



*Obr.41 Topný kabel*

### 3.9 Čerpadlo vody

Jako zásobárna vody nám poslouží univerzální nádržka vody ostřikovačů pro osobní automobily (obr.42). Velkou výhodou této nádržky je integrované čerpadlo vody. Objem této nádržky je 1,2 litrů.



*Obr.42 Nádržka na vodu s čerpadlem [17]*

### 3.10 Servopohon překlápění vajíček

Pro překlápění vajíček jsem zvolil servopohon značky Belimo LM230A(obr.43).

#### Výhody servopohonu

- Jednoduchá přímá montáž na hřídel
- Jištění proti přetočení
- Ruční přestavení pomocí samovratného tlačítka (vyřazení převodu po dobu stisknutí tlačítka)
- Nastavitelný pracovní úhel mechanickými dorazy
- Pohon je jištěn proti přetížení - zůstává stát na dorazu



*Obr.43 Servopohon Belimo LM230A [13]*

### **Parametry servopohonu**

Krouticí moment: 5Nm

Napájení: 230V

Doba přestavení: 150sec

## **3.11 Mikrokontrolér**

### **Požadavky na mikrokontrolér**

- 2x komunikační port UART
- 1x komunikační port SPI
- 1x komunikační port I2C
- 20 IO pinů
- Napájecí napětí 5V

Volil jsem z rodiny AVR a vybral jsem ATMEGA128A (obr.44)

#### **3.11.1 Základní parametry mikrokontroléru**

- 8-bit Atmel AVR
- 128kB ISP Flash
- 4kB EEPROM
- 4kB SRAM
- 2x 8 bit čítač/časovač
- 2x 8-bit PWM výstup
- 8x 10-bitový ADC
- 2x programovatelný USART
- 53 programovatelných IO pinů
- Master/Slave SPI sériové rozhraní
- Napájení 2,7 – 5,5V
- Taktovací frekvence 0 – 16 MHz
- JTAG rozhraní
- Pouzdro TQFP64



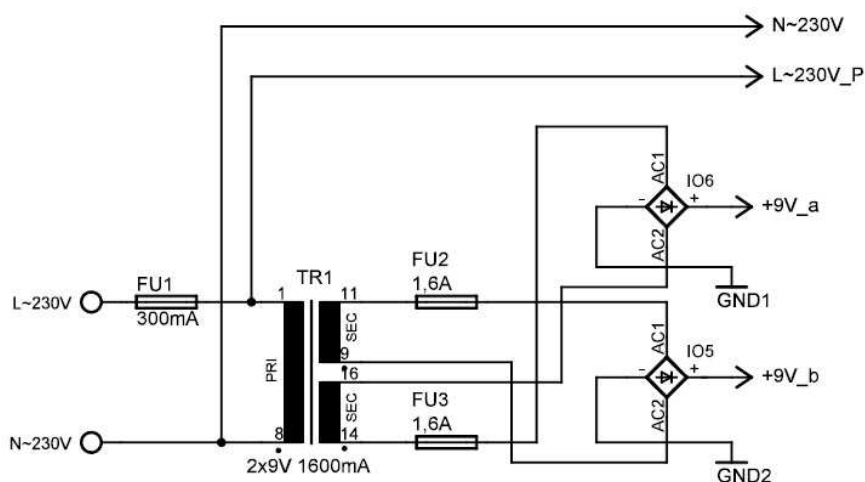
***Obr.44 ATMEGA128A [15]***

## 4 Realizace

Pro vybrané komponenty je nutné zkreslit schéma zapojení. Podle tohoto schématu se budou vytvářet návrhy desek plošných spojů. Poté se desky osadí součástkami a sestaví celý regulátor. Dále je potřeba vyřešit uchycení servopohonu a koncových spínačů k líhni. Pro případy výpadku elektrické energie, je potřeba navrhnout záložní zdroj.

### 4.1 Návrh schématu zapojení

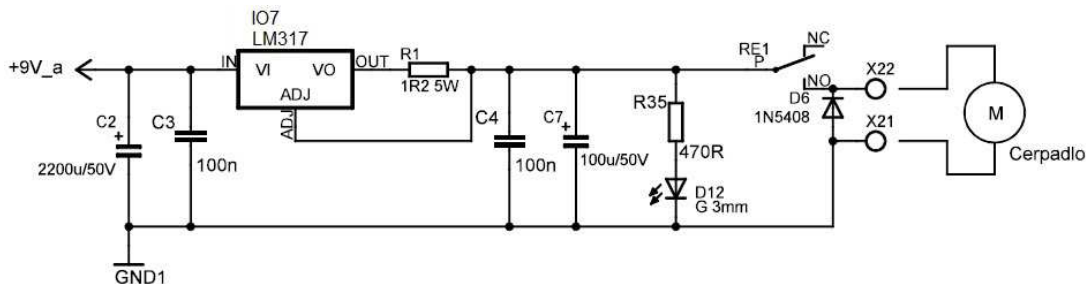
Celý regulátor líhně je napájen ze síťového napětí  $\sim 230\text{V}/50\text{Hz}$ . Síťové napětí je přivedeno na tavnou pojistku FU1. Za touto pojistkou je vytvořená odbočka pro napájení topení, ventilátoru líhně a snímání frekvence. Zároveň je s této pojistky napájeno primární vinutí transformátoru TR1. Navržený transformát má dvě sekundární vinutí s výstupním napětím 9V. Dvě sekundární vinutí jsou zvolená z důvodu oddělení napájení elektroniky od napájení čerpadla. Obě sekundární vinutí jsou jištěná tavnými pojistkami 1,6A dle doporučení výrobce transformátoru. Z těchto pojistek je pak střídavé napětí přivedeno na graetzové můstky, ze kterých již vychází usměrněné. Schéma tohoto zdroje na obr.45.



Obr.45 Schéma zapojení zdroje

#### 4.1.1 Napájení čerpadla

Vybrané čerpadlo je určeno pro 12V napájení. Při testování tohoto čerpadla bylo zjištěno, že při 12V má příliš velký průtok vody. Experimentálním způsobem bylo zjištěno, že ideální průtok vody má čerpadlo při odběru 1A. Z tohoto důvodu bylo vybráno 9V napájení, které bylo ještě doplněno proudovým regulátorem (obr.46).

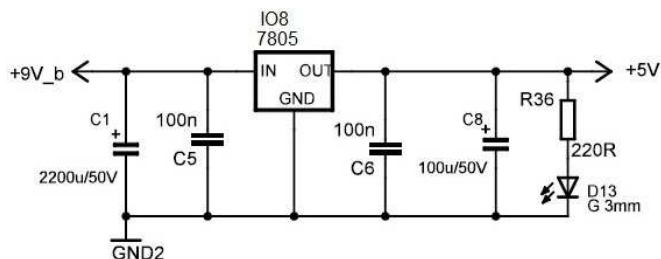


Obr.46 Schéma zapojení napájení čerpadla

Výstupní napětí z graetzova můstku IO6 je přivedeno na vstup stabilizátoru IO7, který je v zapojení regulátoru proudu. Výstupní proud je určen velikostí rezistoru R1. V našem případě 1A. Stabilizátor je opatřen hliníkovým chladičem. Led dioda D12 signalizuje přítomnost výstupního napětí na IO7. Pro spínání čerpadla je použito jazýčkové 5V relé. Dioda D6 chrání kontakty relé před opalováním. Použité kondenzátory mají filtrační úlohu.

#### 4.1.2 Napájení řídicí elektroniky

Pro napájení řídicí elektroniky je potřeba stabilizovaného napětí o velikosti 5V. Na obr.47 je návrh zapojení se stabilizátorem.

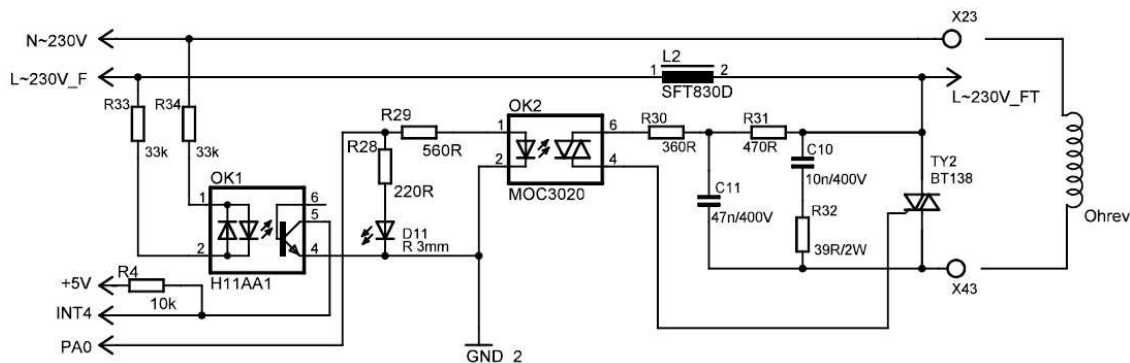


Obr.47 Schéma zapojení napájení elektroniky

Výstupní napětí z graetzova můstku IO5 je přivedeno na vstup stabilizátoru napětí IO8. Z jeho výstupu již vychází stabilizovaných 5V. Led dioda D13 signalizuje přítomnost výstupního napětí na IO8. Stabilizátor je opatřen hliníkovým chladičem. Použité kondenzátory mají filtrační úlohu.

#### 4.1.3 Řízení výkonu topení

Pro udržení požadované teploty, potřebujeme regulovat výkon topení. K tomuto účelu se nejlépe hodí triaková regulace (obr.48). Toto zapojení se dá rozdělit na dvě části, a to na detekční a regulační.



Obr.48 Schéma zapojení triakové regulace

Výše uvedené zapojení se dá rozdělit na dvě části, a to na detekční a regulační.

##### Detekční

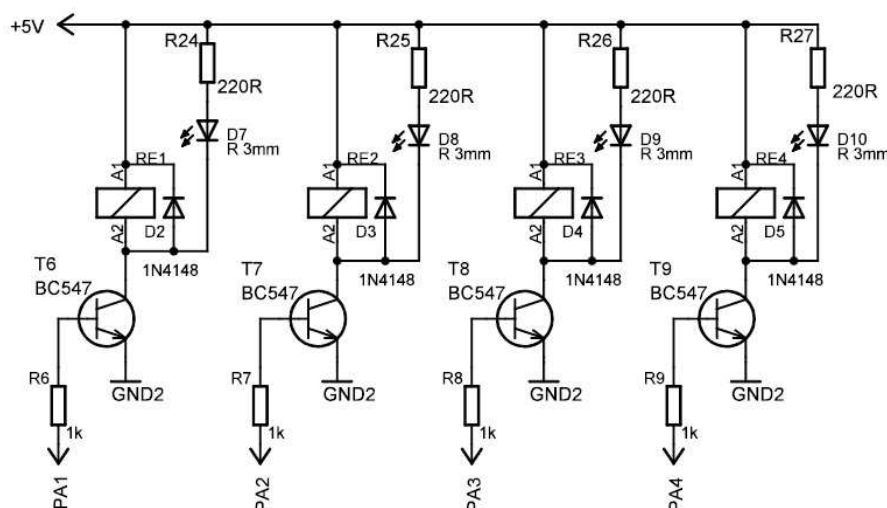
Skládá z rezistorů R33 a R34 a IO9. Toto zapojení slouží k takzvané detekci průchodu napětí nulou. Sít'ové napětí je přivedeno přes rezistory R33 a R34 na vstup optočlenu IO9. Jeho výstup je připojen ke vstupu INT4 mikrokontroléru. Celé zapojení funguje tak, že když sít'ové napětí má nulovou hodnotu, dojde k uzavření fototranzistoru uvnitř optočlenu IO9 a v mikrokontroléru se vyvolá přerušení.

## Regulační

Díky informaci z detekční části můžeme spolehlivě regulovat výkon ohřevu. Princip je takový, že když dojde v mikrokontroléru k přerušení, tak se začne načítat čas a podle požadavku na výstupní výkon topidla mikrokontrolér vygeneruje zpožděný krátký pulz na svém výstupu PA0. Čím větší bude zpoždění, tím menší bude výkon topidla. Tento pulz je přiveden na led diodu D11 a na vstup optorelé IO10. Optorelé pak sepne triak TY2, který je připojen k jeho výstupu. Následným průchodem síťového napětí nulou se triak uzavře. Pak se celý cyklus opakuje. Triák je opatřen hliníkovým chladičem. Led dioda signalizuje přítomnost zapalovacích pulzů. Tlumivka a kondenzátory jsou použity pro filtraci rušení, které vzniká spínáním triáku.

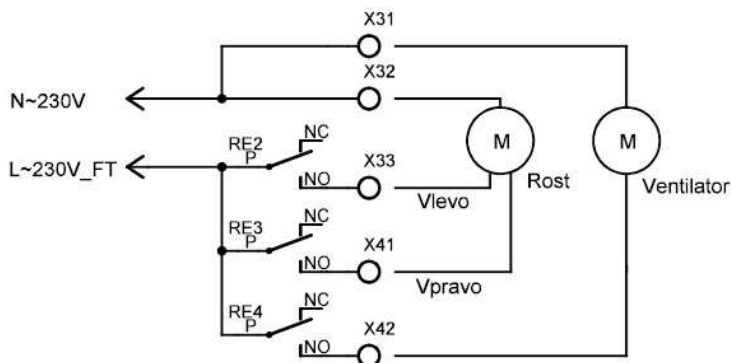
### 4.1.4 Réleový výstup

Pro spínání motoru překlápění, ventilátoru a čerpadla je použito čtyř jazýčkových 5V relé (obr.49).



Obr.49 Schéma zapojení réleového výstupu

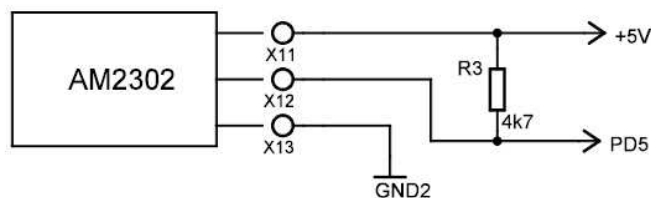
Výstupní signály z mikrokontroléru jsou přivedeny přes rezistory k bázím jednotlivých tranzistorů. Ty pak mají ve svém kolektoru zapojenou cívku relé a led diodu, které signalizuje sepnutí výstupu. Diody D2 až D5 brání proražení tranzistoru při jeho zavírání. Výstupní kontakty relé jsou připojeny k daným motorům (obr.46 a obr.50).



Obr.50 Schéma připojení motorů

#### 4.1.5 Měření teploty a vlhkosti

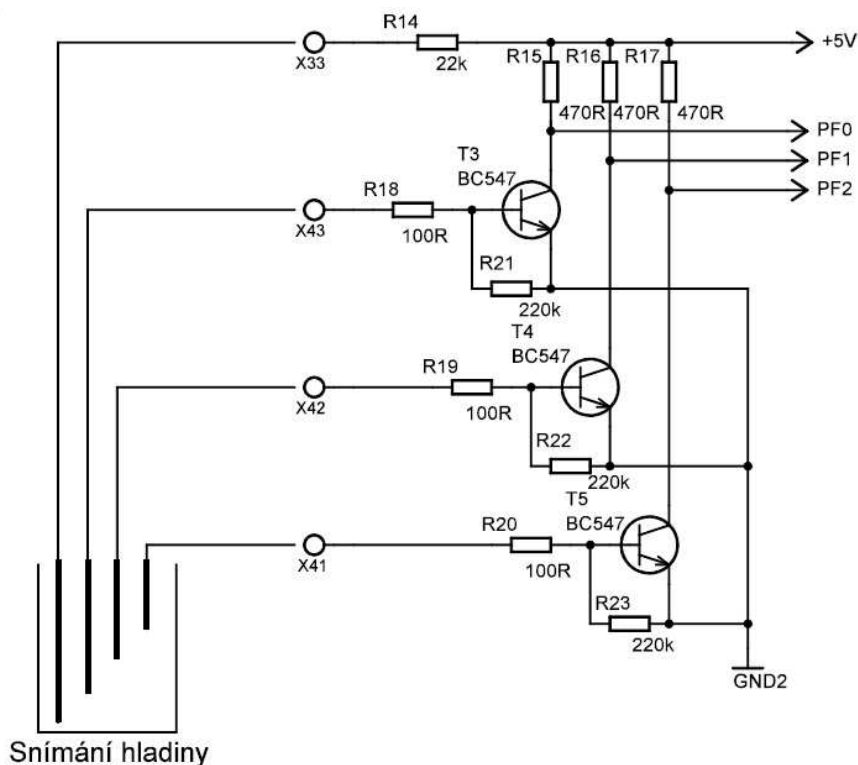
Připojení senzoru AM2302 je na obr.51. K senzoru je přivedeno 5V napájení a výstup senzoru je připojen ke vstupu mikrokontroléru. Rezistor R3 slouží k udržení kladného potenciálu na vstupu mikrokontroléru, když senzor nevysílá.



**Obr.51 Schéma připojení senzoru**

#### 4.1.6 Snímání hladiny

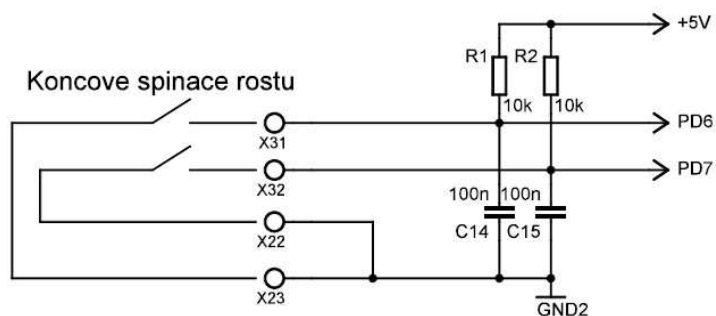
Pro vyhodnocování kontaktního měření hladiny je použito zapojení s tranzistorem (obr.52). Toto zapojení využívá vodivosti vody. Napájecí napětí je přivedeno přes rezistor R14 a nerezovou elektrodu do vody. Ta podle výšky svoji hladiny zkratuje jednotlivé elektrody a skrz ně přivádí napětí na báze jednotlivých tranzistorů. Ty pak tento signál zesilují a přivádí na vstupy mikrokontroléru. Rezistory R15 až R16 udržují kladný potenciál na vstupech mikrokontroléru v době, kdy jsou tranzistory uzavřené.



**Obr.52 Schéma zapojení snímání hladiny**

#### 4.1.7 Snímání polohy

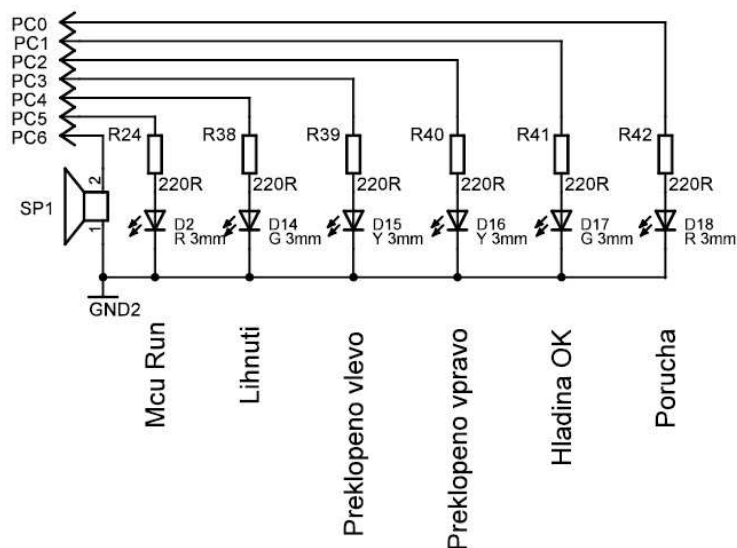
Koncové spínače polohy jsou připojeny přímo ke vstupům mikrokontroléru (obr.53). Použité rezistory a kondenzátory slouží k odfiltrování zákmitu vznikajících při spínání a rozpínání kontaktů spínačů.



*Obr.53 Schéma zapojení snímání polohy*

#### 4.1.8 Signalizace

Pro prvotní diagnostiku procesu je regulátor doplněn světelnou a zvukovou signalizací (obr.54). Sirénka SP1 začne přerušovaně pískat, v případě vzniku poruchy během procesu líhnutí. Se spuštěním sirénky se i rozbliká led dioda D18. Led dioda D2 svým blikáním signalizuje, že mikrokontrolér zpracovává software. Probíhající proces líhnutí je signalizován rozsvícením led diody D14. V případě překlápění vajíček vlevo bliká led dioda D15 a po překlápění se trvale rozsvítí. Stejnou funkci má i led dioda D16, ale v opačném směru. Led dioda D17 signalizuje správnou hladinu ve spodní misce líhně.

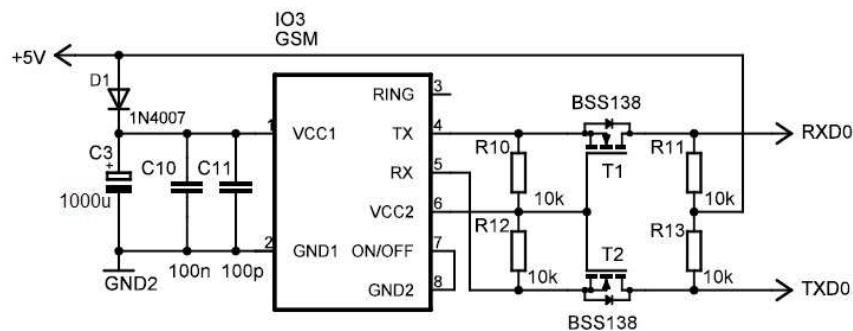


*Obr.54 Schéma zapojení signalizace*

#### 4.1.9 GSM modul

Na obr.55 je návrh zapojení GSM modulu. Napájení obvodu je k modulu připojeno přes diodu D1. Ta je použita z důvodu snížení napájecího napětí modulu. Kondenzátor C3 slouží pro snížení proudových špiček při připojování modulu do sítě GSM. Kondenzátory C10 a C11 slouží k odfiltrování rušení. Jelikož má modul 3V UART a mikrokontrolér 5V UART, je nutné provést napěťové přizpůsobení. Pro tento účel je vytvořeno zapojení se dvěma unipolárními tranzistory a čtyřmi rezistory. Při připojování UARTu k mikrokontroléru je nutno myslet na křížové zapojení komunikačních linek.

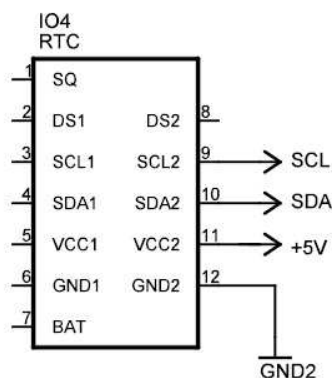




**Obr.55 Schéma připojení GSM modulu**

#### 4.1.10 RTC modul

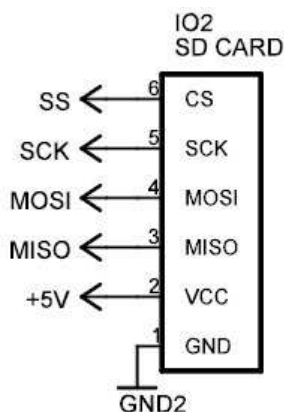
Modul RTC má všechny periferní součástky přímo na sobě. Je tedy možné ho připojit přímo ke sběrnici I2C bez dalších prvků (obr.56).



**Obr.56 Schéma připojení RTC modulu**

#### 4.1.11 Modul SD karty

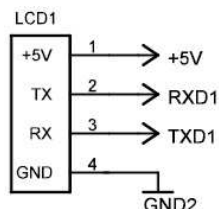
Modul SD karty má všechny periferní součástky přímo na sobě. Je tedy možné ho připojit přímo ke sběrnici SPI bez dalších prvků (obr.57).



**Obr.57 Schéma připojení modulu SD karty**

#### 4.1.12 LCD

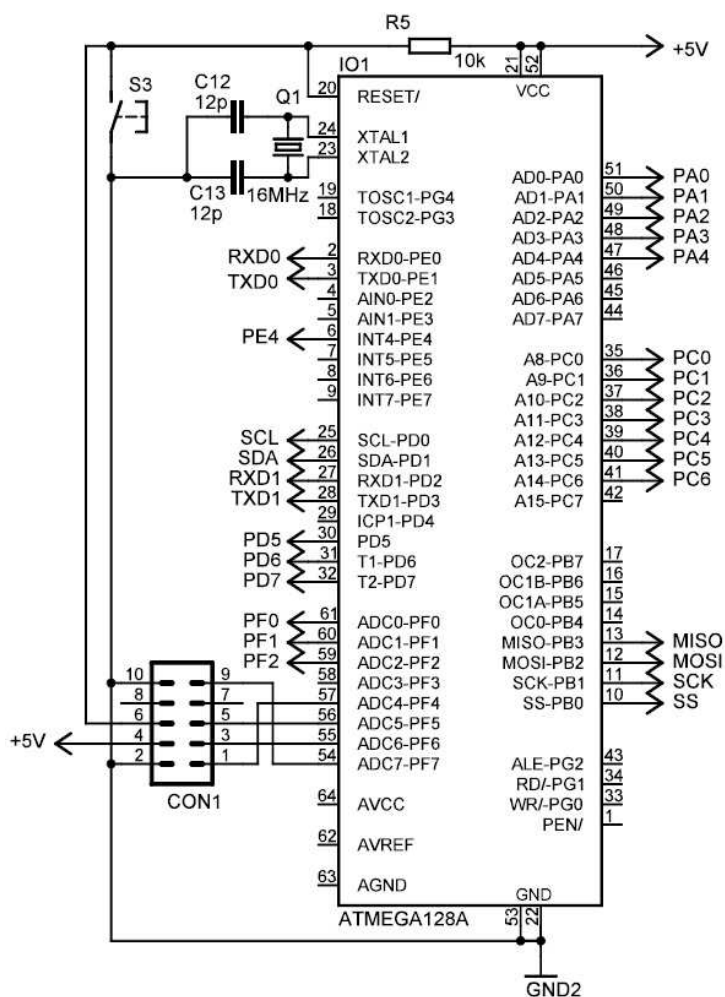
Inteligentní displej má 5V UART a proto je připojený přímo na UART mikrokontroléru (obr.58). Zde je opět nutno myslet na křížové zapojení komunikačních linek.



Obr.58 Schéma připojení LCD

#### 4.1.13 Mikrokontrolér

Poslední částí regulátoru je mikrokontrolér (obr.59). Ten je taktovaný na 16MHz externím krystalem Q1. Mikrospínač S3 slouží pro případ potřeby resetu mikrokontroléru. Konektor CON1 slouží k připojení programovacího rozhraní.



Obr.59 Schéma zapojení mikrokontroléru

## 4.2 Návrh DPS

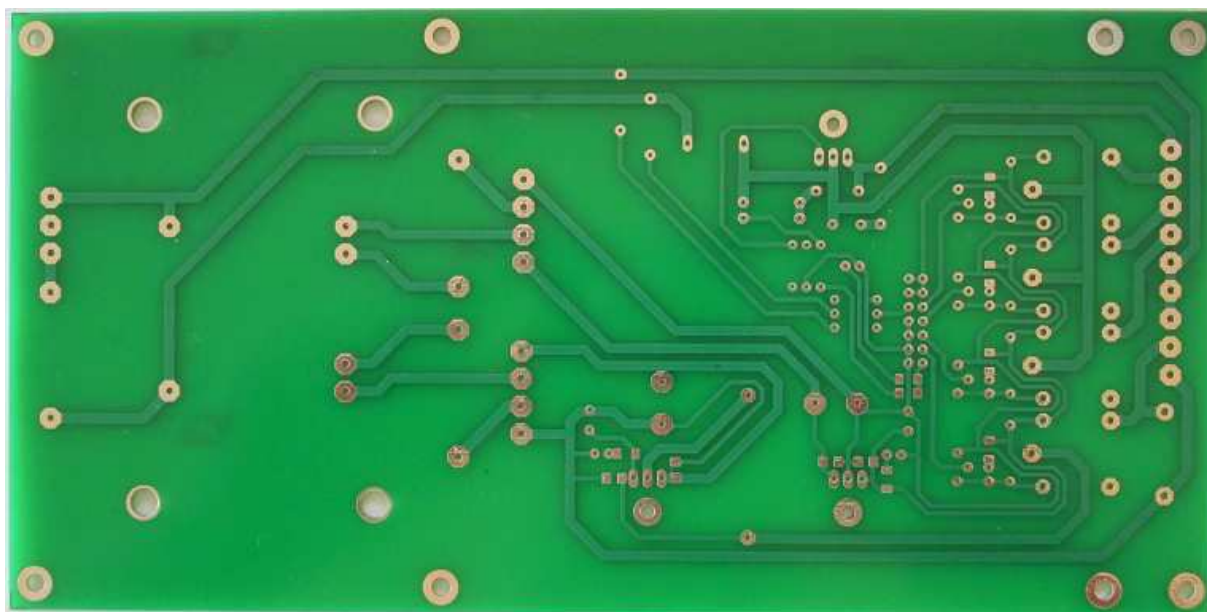
Pro návrh DPS je dobré použít nějaký vhodný SW. V mém případě jsem použil SW Eagle. Pro návrh desek jsem se rozhodl celé zapojení rozdělit na dvě části. Na část výkonovou a řídicí. Obě desky pak budu k sobě mechanicky spojeny závitovou tyčí a propojeny plochým kabelem.

### 4.2.1 Výkonová část

#### Tato deska obsahuje

- Zdroj
- Obvod pro napájení čerpadla
- Obvod pro napájení elektroniky
- Triákový regulátor
- Réleový výstup

Návrh této desky je vytvořen v jedné vrstvě bez drátových propojek. Výrobu desky provedla profesionální firma, jejíž výsledek je na obr.60. Deska o rozměrech 220mm x 110mm je vyrobená z 1,5mm silného cuprextitu s vrstvou mědi o síle 35 $\mu$ m a pocínovanými pájecími body. Deska je ze strany mědi potažená zelenou nepájlivou maskou.



*Obr.60 DPS výkonové části*

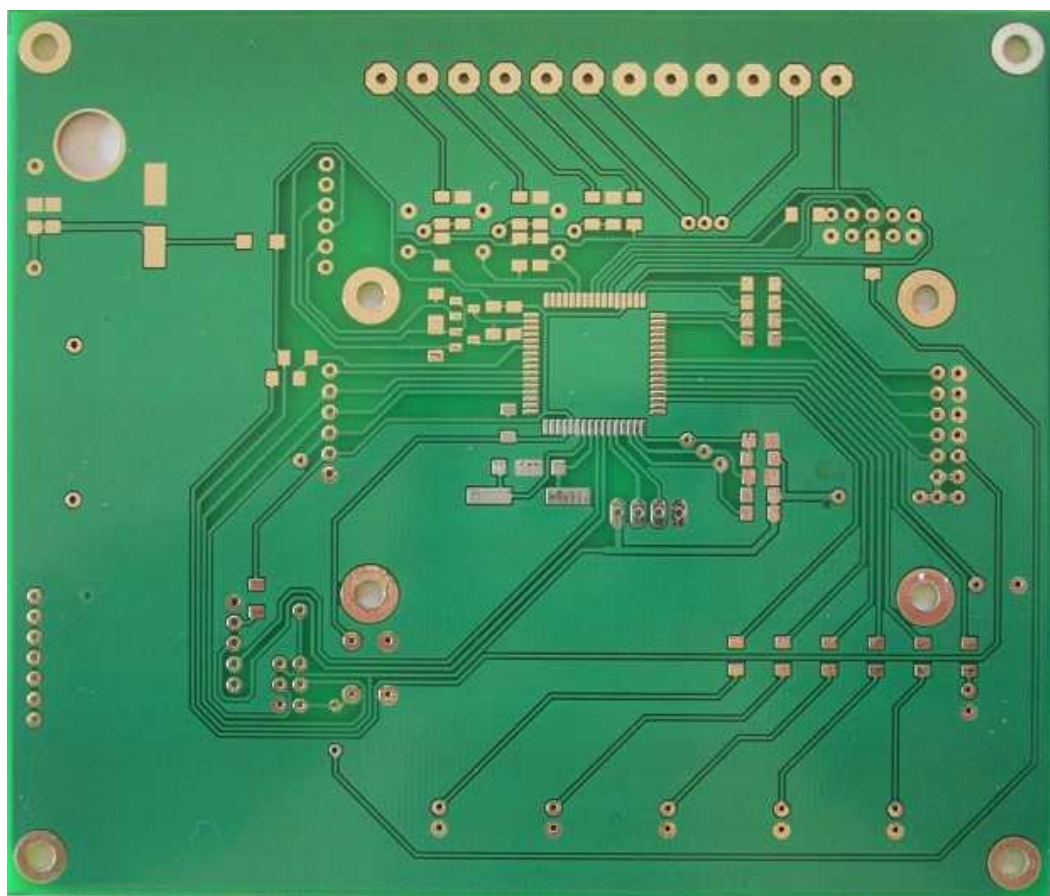
### 4.2.2 Řídicí část

#### Tato deska obsahuje

- Obvod pro snímání hladiny
- Obvod pro snímání polohy
- Signalizační obvod
- GSM modul

- RTC modul
- Modul SD karty
- LCD
- Mikrokontrolér

Návrh této desky je vytvořen v jedné vrstvě s vylitou mědí s minimem drátových propojek. Výrobu desky provedla profesionální firma, jejíž výsledek je na obr.61. Deska o rozměrech 130mm x 110mm je vyrobená z 1,5mm silného cuprexitu s vrstvou mědi o síle 35μm a pocínovanými pájecími body. Deska je ze strany mědi potažená zelenou nepájivou maskou.



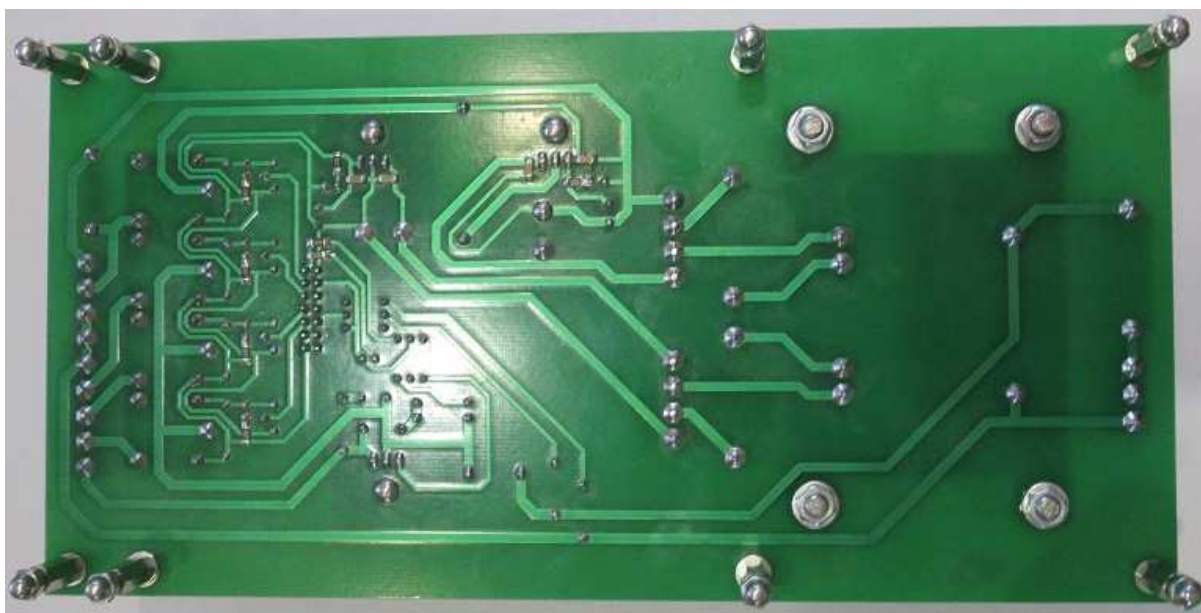
*Obr.61 Deska řídicí části*

### 4.3 Osazení desek

Při osazování desek bylo postupováno tak, že nejdříve byly připájeny SMD součástky. Pak následovalo osazení ostatních součástek, které byly pájeny od nejmenších po největší. Po sestavení desek byly obě očištěny acetonovým ředidlem. Pro pájení byla použita standardní transformátorová páječka s měděným hrotem o průřezu 1,5mm<sup>2</sup>, pájecí knot, trubičková cín olovnatá pájka s tavidlem a kalafuna. Obě sestavené desky jsou oboustranně zobrazené na obr.62 až obr.65.



*Obr.62 Osazená výkonová deska – pohled shora*

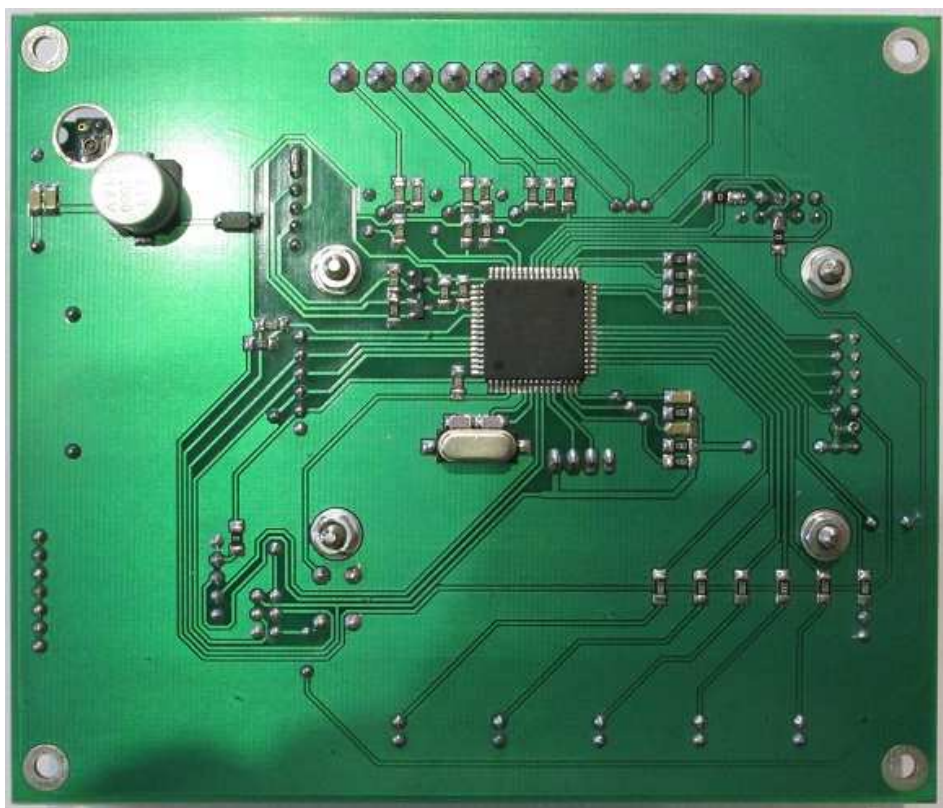


*Obr.63 Osazená výkonová deska – pohled zespoda*





*Obr.64 Osazená řídicí deska – pohled shora*



*Obr.65 Osazená řídicí deska – pohled zespoda*

## 4.4 Sestavený regulátor

Po osazení a očištění obou desek bylo přikročeno k sestavení celého regulátoru (obr.66). Ke spojení obou desek bylo použito závitové tyče o průměru 3mm, 12ks maticek M3 a 16ks podložek. Elektrické propojení je provedeno plochým kabelem s nalisovanými konektory (obr.67). LCD displej je k řídicí desce připevněn pomocí distančních sloupků. Sestavený regulátor byl pro testovací účely postaven na 8ks distančních sloupků.



*Obr.66 Sestavený regulátor*



*Obr.67 Propojovací kabel*

## 4.5 Podpůrná konstrukce

Nabízela se možnost připevnit motor přímo na spodní miskou líhně. Toto by bylo velice nepraktické, jelikož je potřeba miskou po líhnutí vždy pečlivě umýt a vydezinfikovat. S připevněným motorem by to bylo velice komplikované. Za druhé bylo potřeba někam umístit koncové spínače. Proto bylo přikročeno k výrobě podpůrné konstrukce (obr.68).



***Obr.68 Podpůrná konstrukce***

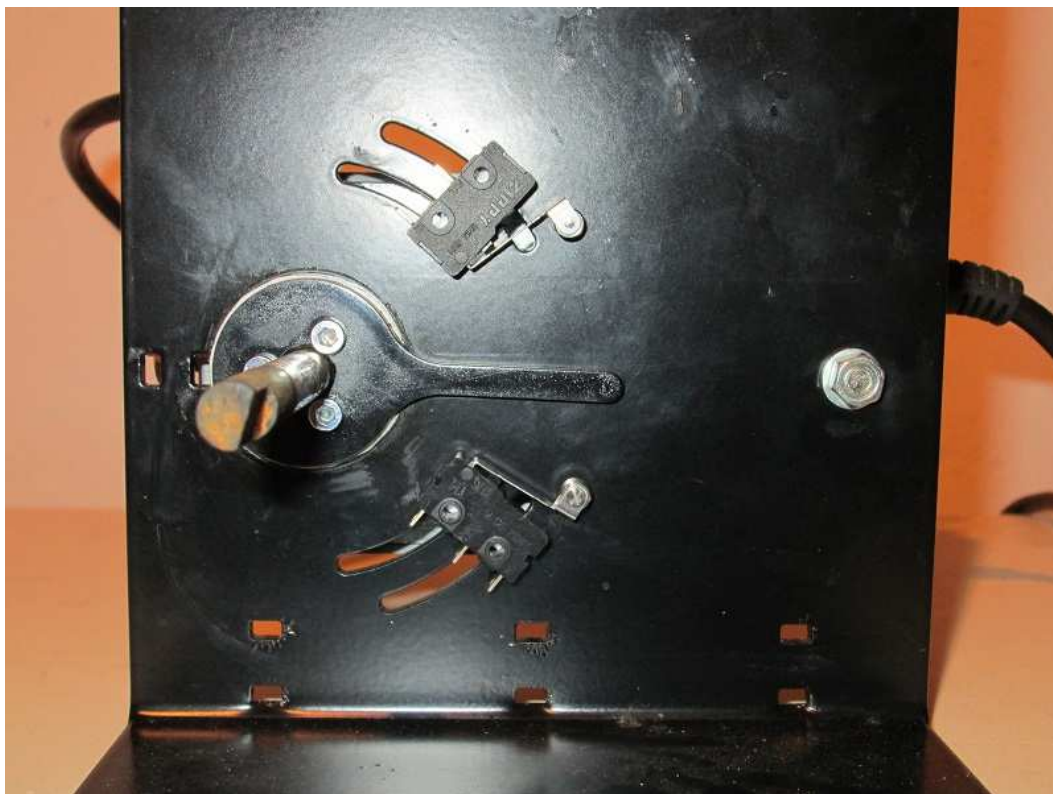
Tato konstrukce je vyrobená z železného plechu o síle 3mm a její povrch je upraven černou práškovou barvou. Spodní miska líhně se na tuto konstrukci jen položí. Zajištěná proti pohybu je bílým trnem, který je uprostřed kruhu konstrukce. Sestavený komplet je na obr. 69.



***Obr.69 Podpůrná konstrukce se spodní miskou***



Na podpůrné konstrukci jsou připevněny i koncové spínače signalizující polohu překlopení (obr.70). V případě potřeby změny úhlu natočení, jsou koncové spínače uchyceny pomocí oválných děr.



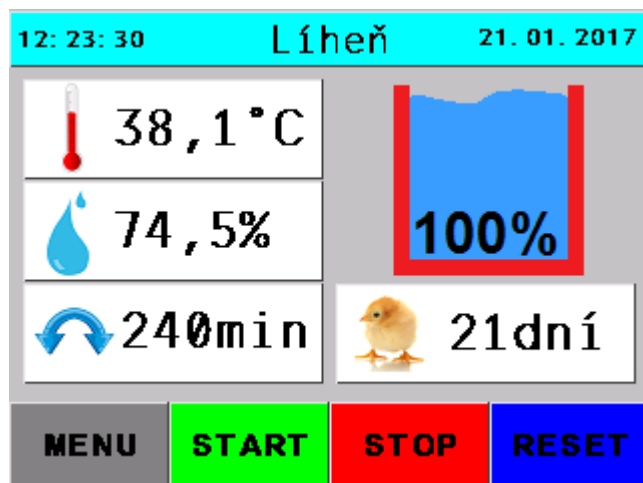
*Obr.70 Koncové spínače*

#### **4.6 Návrh vizualizačního SW**

Po zapnutí napájení se nás uvítá úvodní obrazovka (obr.71). Po pěti vteřinách naběhne hlavní obrazovka (obr.72).



*Obr.71 Uvítací obrazovka*



*Obr.72 Hlavní obrazovka*

#### 4.6.1 Hlavní obrazovka

Je přehledovou obrazovkou celého procesu. V levém horním rohu je zobrazen aktuální čas a v pravém aktuální datum. Symbol nádrže ukazuje aktuální stav hladiny ve spodní misce líhně.

##### Pole se symboly

- Teploměr – aktuální teplota v líhni
- Kapky – aktuální vlhkost v líhni
- Šipky – odpočet času do dalšího překlopení
- Kuře – počet dní do ukončení líhnutí

##### Tlačítka

- MENU – vyvolá obrazovku s nabídkou
- START – zahájí proces líhnutí
- STOP – zastaví proces líhnutí
- RESET – resetuje aktuální proces líhnutí

##### Nastavení času

Kliknutím na hlavní obrazovce (obr.72) na pole zobrazující čas se vyvolá obrazovka s možností nastavení (obr.73). Kliknutí do pole zobrazující hodiny nebo minuty se vyvolá zadávací klávesnice (obr.74). Zde nastavíme požadovanou hodnotu a potvrdíme tlačítkem „OK“. Potvrzení nastavení času se provede stisknutím tlačítka „Set“. Tlačítkem „Zpět“ se vrátíme na hlavní obrazovku.



*Obr.73 Nastavení času*



*Obr.74 Klávesnice*

### **Nastavení data**

Kliknutím na hlavní obrazovce (obr.72) na pole zobrazující datum se vyvolá obrazovka s možností nastavení (obr.75). Kliknutí do pole zobrazující den, měsíc nebo rok se vyvolá zadávací klávesnice (obr.76). Zde nastavíme požadovanou hodnotu a potvrdíme tlačítkem „OK“. Potvrzení nastavení data se provede stisknutím tlačítka „Set“. Tlačítkem „Zpět“ se vrátíme na hlavní obrazovku.

*Obr.75 Nastavení data*

### **Nastavení teploty**

Po kliknutí na hlavní obrazovce (obr.72) na pole se symbolem teploměru se vyvolá obrazovka s možností nastavení (obr. 76). Na této obrazovce je opět potřeba kliknout do pole se symbolem teploměru. Následně se vyvolá obrazovka s klávesnicí (obr.74). Zde nastavíme požadovanou teplotu a potvrdíme tlačítkem „OK“. Tlačítkem „Zpět“ se vrátíme na hlavní obrazovku.

*Obr.76 Nastavení teploty*

### **Nastavení intervalu překlápění**

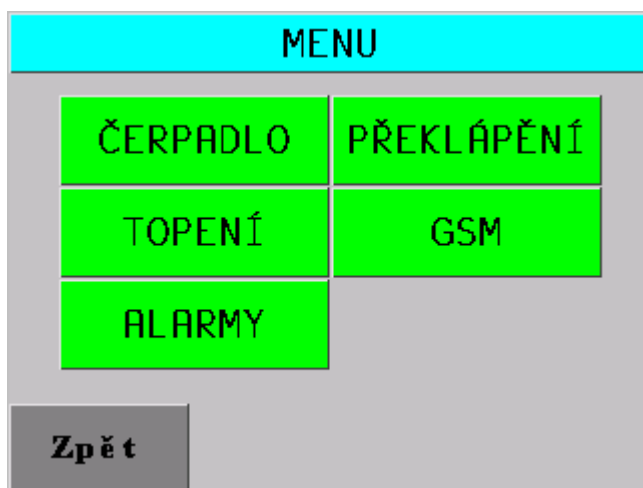
Po kliknutí na hlavní obrazovce (obr.72) na pole se symbolem šipek se vyvolá obrazovka s možností nastavení (obr. 77). Na této obrazovce je opět potřeba kliknout do pole se symbolem šipek. Následně se vyvolá obrazovka s klávesnicí (obr.74). Zde nastavíme požadovaný interval a potvrdíme tlačítkem „OK“. Tlačítkem „Zpět“ se vrátíme na hlavní obrazovku.



*Obr.77 Nastavení intervalu překlápění*

#### **4.6.2 Menu**

Kliknutím na hlavní obrazovce (obr.72) na tlačítko „MENU“ se vyvolá obrazovka s nabídkou (obr.78). Tlačítkem „Zpět“ se vrátíme na hlavní obrazovku.



*Obr.78 Nabídka menu*

#### **Funkce tlačítek menu**

- ČERPADLO – možnost ručního ovládání čerpadla
- PŘEKLÁPĚNÍ – možnost ručního překlacení vajíček
- TOPENÍ – zobrazení aktuálního výkonu topného kabelu
- GSM – zobrazení stavu GSM modulu
- ALARMY – zobrazení aktuálních alarmů

#### **Ovládání čerpadla**

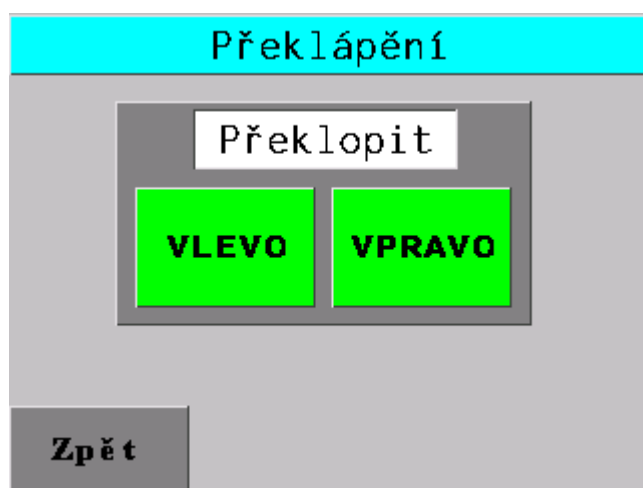
Po kliknutí na obrazovce menu (obr.78) na tlačítko „ČERPADLO“ se vyvolá obrazovka čerpadla vody (obr.79). Zde je zobrazen aktuální stav hladiny vody ve spodní misce líhně. Po dobu držení tlačítka „START“ může uvést čerpadlo do provozu. Tlačítkem „Zpět“ se vrátíme do obrazovky menu.



*Obr.79 Čerpadlo vody*

### **Ovládání překlápění**

Po kliknutí na obrazovce menu (obr.78) na tlačítko „PŘEKLÁPĚNÍ“ se vyvolá obrazovka překlápění (obr.80). Zde stiskem tlačítka „VLEVO“ nebo „VRAVO“ může aktivovat motor překlápění vajíček. Tlačítkem „Zpět“ se vrátíme do obrazovky menu.



*Obr.80 Překlápění*

### **Topení**

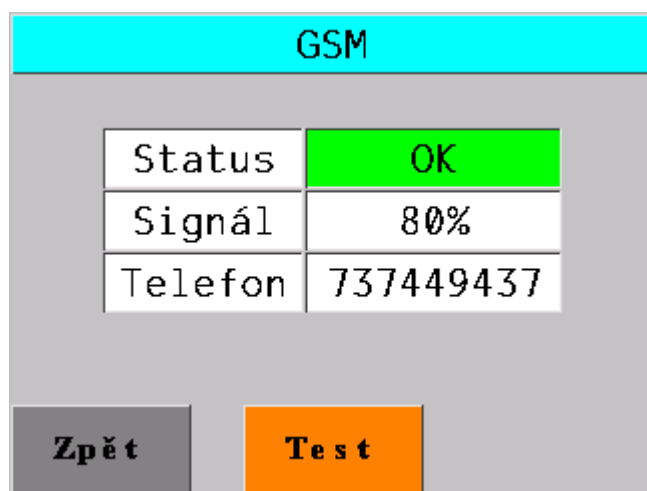
Po kliknutí na obrazovce menu (obr.78) na tlačítko „TOPENÍ“ se vyvolá obrazovka topného kabelu (obr.81). Na této obrazovce je zobrazen aktuální výkon topného kabelu. Tlačítkem „Zpět“ se vrátíme do obrazovky menu.



*Obr.81 Topení*

### GSM

Po kliknutí na obrazovce menu (obr.78) na tlačítko „GSM“ se vyvolá obrazovka GSM modulu (obr.82). Na této obrazovce je zobrazen aktuální stav GSM modulu, síla signálu a aktuální číslo telefonu, na který se budou odesílat případné chybové SMS. Tlačítkem „TEST“ můžeme odeslat zkušební SMS na telefonní číslo uvedené vedle pole „Telefon“. Tlačítkem „Zpět“ se vrátíme do obrazovky menu.



*Obr.82 GSM modul*

### Nastavení telefonního čísla

Pokud bychom chtěli změnit telefonní číslo, na které se odesílají chybové SMS, stačí kliknout na obrazovce GSM (obr.82) do pole s telefonním číslem. Následně se vyvolá okno s možností nastavení (obr.82). Na této obrazovce je opět potřeba kliknout do pole s telefonním číslem. Následně se vyvolá obrazovka s klávesnicí (obr.74). Zde nastavíme požadované telefonní číslo a potvrdíme tlačítkem „OK“. Poté ještě potvrdíme tlačítkem „Set“. Tlačítkem „Zpět“ se vrátíme na obrazovku GSM .



*Obr.83 Telefonní číslo*

### Alarmy

Po kliknutí na obrazovce menu (obr.78) na tlačítko „ALARMY“ se vyvolá obrazovka alarmů (obr.84). Na této obrazovce je zobrazen aktuální stav alarmů. Pokud by bylo aktivních více alarmů najednou, zobrazí se ten, který má vyšší prioritu. Tlačítko „ACK“ slouží pro potvrzení alarmů. Tlačítkem „Zpět“ se vrátíme do obrazovky menu.



*Obr.84 Alarmy*

## 4.7 Popis funkce líhně

Po zapnutí napájení je potřeba překontrolovat nastavení všech parametrů a následně stisknout tlačítko „START“ na hlavní obrazovce (obr.72). Hned poté se zapne ventilátor v líhni a spustí topení, které bude udržovat nastavenou teplotu. Pokud je zjištěná nízká hladina ve spodní misce líhně, spustí se čerpadlo a doplní vodu do maxima. Překlápění vajíček bude probíhat v nastaveném intervalu. Po dobu celého procesu jsou údaje o aktuální teplotě a vlhkosti ukládány na SD kartu. Tlačítkem „STOP“ na hlavní obrazovce (obr.72) je možno proces líhnutí přerušit. Opětovným stiskem tlačítka „START“ se



proces líhnutí spustí od místa přerušení. Pokud je potřeba aktuální proces líhnutí restartovat, je nutné kliknout na hlavní obrazovce na tlačítko „RESET“. Pokud je během líhnutí zjištěná nějaká porucha, začne pískat sirénka a GSM modul odešle SMSku.

## 4.8 Záložní zdroj

Pro případ krátkodobého výpadku elektrické energie je celé zařízení napájeno přes záložní zdroj UPS (obr.71).



*Obr.85 Záložní zdroj Eaton 5E 1500i USB [20]*

### Parametry

- Napájení: 230V
- Kapacita: 1500VA
- Výkon: 900W
- Výdrž baterie při 50% zatížení: 13min
- Výdrž baterie při 70% zatížení: 5min

## 5 Zhodnocení výsledků

Tématem této diplomové práce byl návrh nového regulátoru sériově vyráběné líhně. Hlavním cílem bylo zdokonalit, usnadnit a zautomatizovat celý proces líhnutí.

V první řadě měl nový regulátor umožnit chovateli nastavit si teplotu dle libosti. Dalším požadavkem bylo, aby si hlídal hladinu vody v líhni a v případě potřeby dočerpával vodu ze zásobníku. Polohování vajec mělo být řešeno pomocí nějakého pohonu se zpětnou vazbou. V případě nesprávného průběhu líhnutí měl regulátor o tom informovat chovatele pomocí SMS. Posledním požadavkem bylo zaznamenávat celý průběh líhnutí na SD kartu.

Jako srdce celého regulátoru byl vybrán mikrokontrolér s rodiny AVR a to ATMEGA128A. Jeho hlavními parametry jsou 128kB ISP Flash, 4kB EEPROM, 4kB SRAM, 2x programovatelný USART, 53 programovatelných IO pinů, SPI rozhraní, taktovací frekvence až 16MHz a JTAG rozhraní.

Pro měření aktuální teploty a vlhkosti v líhni byl vybrán kompaktní senzor AM2302. Tento senzor je složený z kapacitního snímače vlhkosti a vysoce přesného snímače teploty. Tyto dva senzory vyhodnocuje 8-bitový mikrokontrolér. Senzor vyniká svou kvalitou, rychlou odezvou, silnou odolností proti rušení. Snímač teploty má přesnost  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$  a snímač vlhkosti má přesnost  $\pm 2\%\text{RH}$ . S mikrokontrolérem komunikuje pomocí jednovodičové sběrnice.

Snímání hladiny je provedeno kontaktním způsobem a to pomocí čtyř nerezových elektrod. Signál z těchto elektrod je pak zesílen pomocí tranzistorů a přiveden na vstupy mikrokontroléru.

Jako zásobárna vody byla vybrána univerzální nádržka vody ostřikovačů pro osobní automobily. Velkou výhodou této nádržky je integrované čerpadlo vody. Motorek čerpadla je určen pro 12V napájení. Při testování čerpadla však bylo zjištěno, že při 12V má příliš velký průtok vody a proto byl výkon čerpadla omezen proudovým regulátorem. Mikrokontrolér toto čerpadlo spíná pomocí relátka. Objem této nádržky je 1,2 litrů.

Pro polohování vajec byl vybrán servopohon od firmy Belimo LM230A. Se svým krouticím momentem 5Nm nemá s překlápěním žádný problém. Napájen je tohoto pohonu je  $\sim 230\text{V}$ . Mikrokontrolér tento pohon ovládá pomocí relátka.

Jelikož u polohování vajec nepotřebujeme znát přesný úhel natočení, ale postačí nám pouze informace o koncových polohách, byly pro signalizaci těchto poloh vybrány koncové mikrospínače výrobce ZIPPY. Na tyto koncové spínače je přivedeno +5V. Toto napětí pak koncové spínače podle polohy lísek přivádějí na vstupy mikrokontroléru.

Pro odesílání poruchových SMSek byl vybrán GSM modul Neoway M590. Jedná se o datový komunikační modul GSM / GPRS. Tento modul pracuje s napájecím napětím 3.3 – 4.5V. Jeho IO

rozhraní pracuje s max. 3.3V, proto je nutné použít napěťové přizpůsobení ve spojení s 5V zařízeními. Modul disponuje standardním UART rozhraním, pomocí kterého s ním lze komunikovat použitím standardních AT příkazů.

Jako záznamové médium byla vybrána mikro SD karta. Jelikož má ale SD karta 3,3V komunikační rozhraní a mikrokontrolér 5V bylo třeba vytvořit napěťové přizpůsobení. Pro tento účel byl vybrán modul pro SD kartu od firmy Catalex, který napěťové přizpůsobení obsahuje. SD karta s mikrokontrolérem komunikuje v režimu SPI. Záznam na kartu probíhá tak, že se každý den vytvoří nový soubor, jehož názvem je datum jeho vytvoření. Soubory jsou ukládány ve formátu CSV. Do tohoto souboru jsou pak v řádcích ukládána data o aktuální teplotě a vlhkosti. V každém řádku je také uloženo časové razítko. Perioda ukládání je 5 minut.

Pro uchování aktuálního času byl vybrán RTC obvod DS1307. Obvod disponuje BCD hodinami, kalendářem a 56 byte SRAM. Z paměti obvodu lze vyčíst sekundy, minuty, hodiny, den, datum, měsíc a rok. Součástí je i korekce přestupného roku. Hodiny mohou běžet buď ve 24 hodinovém nebo 12 hodinovém formátu s ukazatelem AM / PM. Pro případ výpadku napájení je vybaven odvodem, který výpadek detekuje a automaticky přepne na záložní baterii. Obvod s mikrokontrolérem komunikuje pomocí I<sup>2</sup>C sběrnice.

Pro parametrizaci a vizualizaci celého procesu byl vybrán inteligentní displej značky Nextion. Jedná se o velice snadno programovatelný HMI displej o velikosti 2.4". Displej lze programovat pomocí volně dostupného grafického editoru, který obsahuje také simulátor. Tento displej může pracovat samostatně, nebo jej lze ovládat pomocí sériového rozhraní a to pomocí jednoduchých příkazů. Veškerá grafika je nahrána do paměti displeje a odpadá složité načítání přes SD kartu.

Celé zapojení bylo navrženo pomocí SW Eagle. Návrh DPS byl rozdělen na dvě části. Na část výkonovou a řídicí. Návrhy obou DPS jsou vytvořeny v jedné vrstvě s minimem drátových propojek. Řídicí deska je oproti výkonové doplněna vylitou mědí. Obě DPS jsou vyrobeny z 1,5mm silného cuprextitu s vrstvou mědi o síle 35μm a pocínovanými pájecími body. DPS jsou ze strany mědi potaženy zelenou nepájitvou maskou. Po osazení DPS součástkami a očištění byly desky k sobě mechanicky spojeny závitovou tyčí a propojeny plochým kabelem.

Během ožívování nedošlo k žádným zádrhelům, což svědčí, že všechny komponenty byly navrženy správně. Velice mě překvapil inteligentní displej svými možnostmi v poměru cena výkon. Jen v příští aplikaci tohoto displeje bych volil větší velikost. Největším přínosem tohoto regulátoru je možnost si zpětně projít celý průběh líhnutí díky záznamu na SD kartě a zjistit tak, jestli během líhnutí nedošlo k nějakým anomáliím. Další obrovskou výhodou je okamžitý přehled o anomáliích v líhni díky GSM modulu. I když regulátor při testovacím provozu nevykazoval žádné chyby, tak až dlouhodobé používání ukáže, zda to byl krok správným směrem.

## Seznam použité literatury

- [1] GRACE, Thomas. *Programming and interfacing Atmel AVR microcontrollers*. ISBN 1305509994.
- [2] KNAPP, Eric D. *Industrial network security: securing critical infrastructure networks for smart grid, scada, and other industrial control systems*. 2nd edition. ISBN 978-0124201149.
- [3] MANN, Burkhard. *C pro mikrokontroléry: ANSI-C, kompilátory C, spojovací programy - linkery, práce s ATMELE AVR a MSC-51, příklady programování v jazyce C, nástroje pro programování, tipy a triky ..* Praha: BEN - technická literatura, 2003.  $\mu$ C & praxe. ISBN 80-7300-077-6.
- [4] VÁŇA, Vladimír. *Mikrokontroléry ATMELE AVR - Programování v jazyce C: popis a práce ve vývojovém prostředí CodeVisionAVR C*. Praha: BEN - technická literatura, 2003. ISBN 80-7300-102-0.
- [5] ZÁVODSKÝ, Ondrej. *Programujeme AVR v jazyku C*. 2012.
- [6] *Obecně o líhnutí a typech líhní* [online]. 2011 [cit. 2017-04-27]. Dostupné z: <http://www.lihne.cz/cs/39-clanky.html/clanek>
- [7] KREIDL, Marcel. *Měření teploty: senzory a měřicí obvody*. Praha: BEN - technická literatura, 2005. Senzory neelektrických veličin. ISBN 80-7300-145-4.
- [8] VODA, Zbyšek. *Průvodce světem Arduina*. Bučovice: Martin Stříž, 2015. ISBN 978-80-87106-90-7.
- [9] *Jak vylíhnout drůbež - Líhně Ostrava – líhně na drůbež a ptactvo* [online]. [cit. 2017-04-27]. Dostupné z: <http://www.lihne-ostrava.cz/jak-vylihnout-drubez/>
- [10] *Líheň na vejce - PUISOR IO-103 - Lihneme.cz* [online]. [cit. 2017-04-27]. Dostupné z: <http://www.lihneme.cz/lihne-puisor/io-103/>
- [11] *LCD, displeje, zobrazovače | HMI Nextion | Nextion 2.4" TFT 320 x 240 HMI UART | PTshop* [online]. [cit. 2017-04-27]. Dostupné z: <https://www.ptshop.cz/Nextion-2-4-TFT-320-x-240-HMI-UART-d496.htm>
- [12] *DS1307 RTC module* [online]. [cit. 2017-04-27]. Dostupné z: [http://www.pazhelec.com/index.php?route=product/product&product\\_id=1507](http://www.pazhelec.com/index.php?route=product/product&product_id=1507)
- [13] *Servopohon Belimo LM 230 A | BOLA* [online]. [cit. 2017-04-27]. Dostupné z: <http://www.bola.cz/servopohon-belimo-lm-230-a.html#prettyPhoto>

- [14] *Enika - SM 05S05A-Z Mikrospínač* [online]. [cit. 2017-04-27]. Dostupné z: <http://www.enika.cz/cz/soucastky-pro-elektroniku/spinani/mikro-a-miniaturni-spinace/mikrospinace/sm.html?vyrobek=15884&jazyk=cz&PHPSESSID=2d86ea7098e2f8bbc7172f58d0d1f>
- [15] *ATmega128A-AU TQFP64 ATMEL | GM electronic* [online]. [cit. 2017-04-27]. Dostupné z: <https://www.gme.cz/atmega128a-au-tqfp64-atmel#product-detail>
- [16] HOLCROVÁ, Martina. *Umělé líhnutí drůbeže | Drůbež | Články - ChovZvířat.cz* [online]. 2008 [cit. 2017-04-27]. Dostupné z: <http://www.chovzvirat.cz/clanek/369-umele-lihnuti-drubeze/http://localhost:9719/speedDial/>
- [17] *Aliexpress.com : Buy Car Style SI A0197 Universal Windscreen Washer Bottle Kit Cleaning Tools 12V Ideal for Classic Cars Boat Marine from Reliable tools renault suppliers on Design Your Car* [online]. [cit. 2017-04-27]. Dostupné z: [https://www.aliexpress.com/store/product/Car-Style-SI-A0197-Universal-Windscreen-Washer-Bottle-Kit-Cleaning-Tools-12V-Ideal-for-Classic-Cars/1997068\\_32677568682.html](https://www.aliexpress.com/store/product/Car-Style-SI-A0197-Universal-Windscreen-Washer-Bottle-Kit-Cleaning-Tools-12V-Ideal-for-Classic-Cars/1997068_32677568682.html)
- [18] *PUISOR NOU - IO 102, 103* [online]. 2013 [cit. 2017-04-27]. Dostupné z: <http://www.lihneme.cz/user/documents/upload/NÁVOD%20K%20LÍHNI%20NA%20DOMÁCÍ%20CHOV%20-%20PUISOR%20IO-103.pdf>
- [19] *Nextion Instruction Set – ITEAD Wiki* [online]. [cit. 2017-04-27]. Dostupné z: [https://www.itead.cc/wiki/Nextion\\_Instruction\\_Set](https://www.itead.cc/wiki/Nextion_Instruction_Set)
- [20] *Eaton 5E 1500i USB | ALFA.cz* [online]. 2017 [cit. 2017-04-28]. Dostupné z: <https://www.alfa.cz/product.php?eid=1051600060000002PQ3&Search=Eaton%20%20&SearchType=1>
- [21] *Interfacing Catalex Micro SD Card Module - Vishnu M Aiea* [online]. [cit. 2017-04-28]. Dostupné z: <http://www.vishnumaiea.in/projects/hardware/interfacing-catalex-micro-sd-card-module>
- [22] ROFFY. *Datasheet AM2302*. 2013.
- [23] LINKE, Bernhard. *Datasheet DS1307*. 2006.
- [24] ATMEL CORPORATION. *Datasheet ATMEGA128A*. 2008.

## Přílohy

Příloha I – Elektronická příloha na CD

Obsah:

- I. Zdroj.sch - Schéma zapojení výkonové části
- II. Display.sch - Schéma zapojení řídicí části
- III. Zdroj.brd - Návrh DPS výkonové části
- IV. Display.sch - Návrh DPS řídicí části
- V. AM2302.pdf - Datasheet AM2302
- VI. ATMEGA128A.pdf. - Datasheet ATMEGA128A
- VII. DS1307 - Datasheet DS1307
- VIII. Neoway M590 AT Command sets\_V3.0.pdf – Seznam AT příkazů GSM modulu
- IX. Neoway M590 Hardware Design Manual V1.1 – Datasheet GSM modulu